…NTHER BUGGE

# SCHIESS- UND SPRENGSTOFFE

## UND DIE MÄNNER, DIE SIE SCHUFEN



FRANCKH

2.50

Schieß- und Sprengstoffe

und die

Männer, die sie schufen

# SCHIESS- UND SPRENGSTOFFE

## und die Männer, die sie schufen

Von

DR. GÜNTHER BUGGE

*Mit 44 Abbildungen*

STUTTGART

FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG

*Umschlag von Gerhard Jogwer unter Verwendung einer alten Lithographie unbekannter Herkunft. Diese für das Volksempfinden charakteristische Lithographie zeigt die Erfindung des Schießpulvers durch den Mönch Berthold Schwarz, wobei der Teufel im Hintergrund als Mithelfer auftritt.*



*1.—6. Tausend*

 *Verlagsnummer 2403. Druck von Verlagsdruckerei Holzinger & Co., Stuttgart. Das Manuskript wurde im Frühjahr 1942 abgeschlossen*

## INHALTSVERZEICHNIS

## ZEITTAFEL

| | |
|---|---|
| Um 850 v. d. Ztr. | In Mesopotamien werden Brandfackeln als Kriegswaffe benutzt |
| 431—404 | Im peloponnesischen Krieg werden Brandsätze aus Pech, Schwefel, Werg und anderen brennbaren Stoffen angewandt |
| Um 380 n. d. Ztr. | Vegetius berichtet über Brandsätze, die Erdöl enthalten |
| Um 670 | Kallinikos soll das „Griechische Feuer" in Byzanz eingeführt haben |
| 678 | In der Seeschlacht bei Kyzikos wird das griechische Feuer gegen die Araber angewandt |
| 941 | Griechisches Feuer rettet Konstantinopel vor einem Angriff der Russen |
| Um 1150 | (vielleicht früher) Erfindung des Schwarzpulvers in China |
| 1232 | Bei der Belagerung von Pien-King verwenden die Chinesen Schwarzpulver („Yo") als Bombenfüllung sowie zum Antrieb von Kriegsraketen |
| Um 1250 | Arabische Schriftsteller kennen den Salpeter („Schnee von China"). Im Feuerbuch des Marcus Graecus wird Schwarzpulver erwähnt |
| 1275—1295 | Der Araber Hassan Alrammah kennt Schwarzpulver |
| 1267 | Roger Bacon berichtet über Schwarzpulver enthaltende Knallpräparate, die von den Kindern als Spielzeug benutzt werden |
| nach 1320 | Aufkommen der Pulverwaffe in Deutschland |
| 1326 | Angeblich früheste Abbildung eines Geschützes in einer englischen Bilderhandschrift von W. de Millimete |
| 1338 | In Rouen wird ein „eiserner Topf" zum Schießen von Feuerpfeilen erwähnt |
| 1339 | Erwähnung eines Geschützes in Brügge |
| 1346 | „ „ „ Aachen |
| 1348 | „ „ „ Frankfurt a. M. |
| Um 1350 | Geschütze oder Donnerbüchsen in Deutschland allgemein bekannt |
| 1396—1405 | Abfassung des „Bellifortis" von Konrad Kyeser |
| Um 1575 | In den um diese Zeit entstandenen Schriften des sogen. Basilius Valentinus wird die Herstellung von Knallgold erwähnt |
| 1604—1670 | Rudolf Glauber. Er kennt eine verbesserte Darstellung des Knallgoldes, entdeckt das Ammoniumnitrat und ein „Knallpulver", beschreibt eine alkoholische Lösung von Kaliumpikrat und hat wahrscheinlich schon Kaliumchlorat hergestellt |
| 1630—1703 | Johann Kunckel; er beschreibt (1690) die Bildung von Knallquecksilber und kennt wahrscheinlich auch das Knallsilber |
| 1799—1800 | Edward Howard entdeckt das Knallquecksilber von neuem und stellt es in reinerer Form dar |
| 1786 | Berthollet stellt Kaliumchlorat her |
| 1799—1886 | Christian Friedrich Schönbein |
| 1756 | Le Blond versucht Schwarzpulver mit vermindertem Schwefelgehalt und ohne Schwefel herzustellen |
| 1812—1888 | Ascanio Sobrero; er entdeckt 1846 das Nitroglyzerin |
| 1815 | Joseph Egg stellt Zündhütchen her |
| 1823 | Beginn der Arbeiten von Liebig über Salze der Knallsäure |
| 1831 | Bickford erfindet eine Sicherheitszündschnur |
| 1833—1896 | Alfred Nobel |

| | |
|---|---|
| 1834—1906 | Hermann Sprengel |
| 1843—1903 | Max von Duttenhofer |
| 1845—1846 | Schönbein entdeckt die Schießbaumwolle |
| 1863 | Wilbrandt stellt Trinitrotoluol her |
| 1864 | Nobel konstruiert die „Nobel-Zünder" |
| 1864 | Herstellung des Schultze-Pulvers |
| 1866—1867 | Nobel läßt sich die Herstellung von Dynamit patentieren |
| 1867 | Sicherheitssprengstoffe von Ohlsson und Norrbin |
| 1867 | Borlinetto schlägt die Verwendung von Pikrinsäure als Sprengstoff vor |
| 1868 | Edwin A. Brown entdeckt die Initialzündung von Schießbaumwolle durch Knallquecksilber-Spengkapseln |
| 1872 | Gründung der Dynamitfabrik Krümmel |
| 1872 | Vereinigung der Pulvermühlen in Rottweil und Umgebung unter Gründung der Pulverfabrik Rottweil AG. |
| 1873 | Hermann Sprengel regt die Zündung von Pikrinsäure durch Zündhütchen an |
| 1873 | Gründung der Vereinigten Rheinisch-Westfälischen Pulverfabriken |
| 1876 | Nobel stellt Sprenggelatine her |
| 1880 | Hepp gewinnt symm. Trinitrotoluol in reiner Form |
| 1884 | Das RCP. (Rottweiler chemisches Pulver) wird einer preußischen Militärkommission vorgeführt |
| 1884 | Sicherheitssprengstoffe von P. A. Favier |
| 1885 | Eugène Turpin läßt sich die Initialzündung von Pikrinsäure, insbesondere in geschmolzenem Zustand, patentieren |
| 1885 | Herstellung des Nitrozellulose-Blättchenpulvers (Pulver B) für Gewehre durch P. Vieille |
| 1886 | Erfindung des Melinits |
| 1888 | Nobel erfindet den Ballistit |
| 1889 | Umstellung der Rottweiler RCP.-Fabrikation von nitriertem Holz auf Nitrozellulose aus Baumwolle („Blättchenpulver M 88") |
| Um 1890 | Entdeckung der Azide durch Th. Curtius |
| 1890 | Gründung der Köln-Rottweiler Pulverfabriken |
| 1891 | Tollens stellt Pentaerythrit her, dessen Nitrat 1894 in einem schwedischen Patent erwähnt wird |
| 1891 | Gründung der Westfälisch-Anhaltischen Sprengstoff AG. |
| 1891 | Abel und Dewar stellen den Cordit her |
| 1897 | Erfindung des Cheddits |
| 1900—1901 | Beginn der technischen Großherstellung von Trinitrotoluol |
| 1908 | Beginn der Salpetersäurefabrikation aus Steinkohlen-Ammoniak nach Wilh. Ostwald |
| 1909 | Beginn der Arbeiten von Bosch über die technische Synthese von Ammoniak aus Luft (Haber-Bosch-Verfahren) |
| 1917 | Inbetriebsetzung des Leuna-Werks; Sicherung des deutschen Salpetersäurebedarfs für die Munitionserzeugung im Weltkrieg |
| 1916 | Stettbacher beschreibt die verbesserte Herstellung von Pentaerythrit und Nitropentaerythrit |

## EINFÜHRUNG

Bei den Schieß- und Sprengstoffen denkt man zunächst an ihre weltgeschichtliche Bedeutung als Kampfmittel, an ihre schicksalhafte Rolle im Leben und Vergehen der Völker und an die Vernichtung von Menschenleben und Menschenwerk. Zeitung, Rundfunk und Lichtspiel-Wochenschau berichten uns täglich von den Wirkungen moderner Fliegerbomben, von Schiffsverlusten durch Minen und Torpedos, von der Zerstörung auch der stärksten Festungsanlagen; gerade jetzt wieder wird uns vor Augen geführt, wie sehr die Sicherheit eines Staates davon abhängt, ob seine Industrie die für den Krieg erforderlichen Explosivstoffe und Waffen und die Rohstoffe für ihre Herstellung in ausreichenden Mengen liefern kann. Gewiß sind überlegene Führung, Strategie und Taktik, Kampfgeist und zahlenmäßige Stärke der Truppe wesentliche Faktoren für den Sieg; aber ohne genügende und wirksame Munition vermag auch der genialste Feldherr einen Krieg nicht zum siegreichen Ende zu führen. Überblickt man die Weltgeschichte, so wurde wohl immer irgendwo und irgendwann Krieg geführt; der Krieg scheint — wie sich ein Skeptiker ausgedrückt hat — ein „Normalzustand" der Menschheit zu sein, der nur gelegentlich durch Friedensperioden unterbrochen wird. Und so hat auch die Erzeugung der notwendigen Explosivstoffe sich von Krieg zu Krieg ins Ungeheure gesteigert. Im spanischen Erbfolgekrieg (1701—14) wurden*) etwa 5 Tonnen Salpeter täglich für Pulver verbraucht, in den napoleonischen Kriegen, um 1800, betrug der Verbrauch schon 30—50 Tonnen täglich, und im Weltkrieg, um 1917, entsprach der tägliche Munitionsverbrauch schon 5 bis 10 000 Tonnen Salpeter!

Keine Erfindung hat den Lauf der Weltgeschehnisse so revolutionierend beeinflußt wie das Schießpulver und die Feuerwaffe. Sebastian Münster, der die erste deutsche Weltkunde schrieb, verwünschte den Erfinder des Schießpulvers 1544 mit folgenden Worten: „Der bösswicht, der solich schädlich ding off ertrich bracht hat, ist nit wyrdig, daß sein nam uff erden in gedechtnuss der mensche bleybe, oder ein lob von seinem gefunden kunstwerck bringe . . ." Und der italienische Dichter Ariost schreibt, in derselben Tonart, von der Erfindung der Feuerwaffe:

„... Durch dich muß Kriegesruhm zu Ende gehn.
Durch dich — so weit sind Kraft und Mut geschwunden —
Scheint Wackern oft der Schlechte vorzugehn ...
Durch dich erlag und wird hinfort erliegen
So edler Herrn und Ritter große Zahl,
Eh' wir das Ende sehn von diesen Kriegen,

*) Nach Albrecht Schmidt, „Die industrielle Chemie in ihrer Bedeutung im Weltbild", 1934.

Der ganzen Welt, doch mehr Italiens Qual.
Drum, sagt ich's Euch, so war mein Spruch gediegen:
Von den verruchten Geistern allzumal
War keiner böser und im Frevel dreister,
Als dieser greulichen Erfindung Meister..."

Man kann die damalige Einstellung gegenüber einer Erfindung, die einen totalen Umbruch der kriegerischen Tradition bedeutete, verstehen. Aber die Geschichte des Kriegswesens hat gezeigt, daß so pessimistische Urteile fehl gingen: mit der Weiterentwicklung von Waffe und Munition sind Kraft und Mut nicht aus der Welt geschwunden, und der technisierte Kampf — man denke nur an Flieger, Panzertruppen und Pioniere — stellt an den einzelnen vielleicht noch größere Anforderungen als in der Zeit der „edlen Herren und Ritter". Und überdies braucht die Schaffung immer vollkommenerer Explosivstoffe nicht unbedingt die Schrecken des Krieges zu vergrößern. Vielmehr kann die ausreichende Beschaffung und Sicherung hochwertiger Munition und modernster Waffen, wie das deutsche Beispiel im gegenwärtigen Kriege gezeigt hat, im Gegenteil einen Feldzug abkürzen und die Verluste an Toten und Verwundeten herabsetzen.

Trotzdem wird es wohl auch heute noch Menschen geben, die das Danaergeschenk, das uns die Chemie in den Explosivstoffen bescherte, verfluchen und sich eine schönere Welt vorstellen, in der diese technische Errungenschaft fehlt. Aber alle, die in den Explosivstoffen nur Leben und Kultur vernichtende Mächte erblicken, urteilen einseitig. Sie sehen nicht, daß diese Stoffe auch unentbehrliche Helfer der Menschheit geworden sind und aus unserer technisierten und übervölkerten Welt nicht mehr weggedacht werden können. Ohne Sprengstoffe gäbe es heute keinen Bergbau, keine Metallgewinnung und keine Steinkohlenförderung in dem riesigen Ausmaß, wie es die heutigen Bedürfnisse der Menschheit erfordern. Ohne sie gäbe es nicht die gewaltigen Schöpfungen des Ingenieurs, die das Bild der Erde umgestaltet haben: keine Kanäle, die Meere und Ströme verbinden, keine Tunnels, die das Hindernis völkertrennender Gebirge beseitigen, keine Staudämme und Talsperren, die Wüsten in fruchtbares Land verwandeln und elektrische Energie zu tausendfach nützlicher Arbeit liefern! Wollte die Menschheit heute derartige Unternehmungen ohne Sprengstoffe, durch Handarbeit, ausführen, so müßten Jahrzehnte lang Millionen von Sklaven härteste Fronarbeit leisten, unter den gleichen unmenschlichen Bedingungen, wie sie beim Bau der ägyptischen Pyramiden oder in den Bergwerken Griechenlands und Roms herrschten.

Die Chemie und die chemische Technik zeigt hier ein Janus-Gesicht: durch die Erfindung und Vervollkommnung der Explosivstoffe gestattet sie Energien zu entfesseln, die sich mit dämonischer Kraft gegen den Menschen wenden, die aber auch als hilfreiche Diener friedliche Aufbauarbeit leisten können. Es ist Sache des Menschen, zu entscheiden, ob das eine oder das andere geschehen soll.

In einer Zeit, in der die Erzeugung von Munition zu einer der wichtigsten Aufgaben eines Volkes wird, darf das Thema „Explosivstoffe" wohl weitgehendes Interesse beanspruchen. Was ist das Wesen einer Explosion? Wie kommt sie zustande? Welche besonderen Eigenschaften kennzeichnen einen Explosivstoff? Wie werden Schieß- und Sprengstoffe hergestellt? Wann und von wem wurden sie entdeckt? Wie hat sich die Industrie der Explosivstoffe entwickelt? — Das alles sind Fragen, die der Laie und wohl oft auch der Soldat in Ermangelung chemischer Kenntnisse gern beantwortet haben möchte, ohne gezwungen zu sein, seine Zuflucht zu wissenschaftlichen Fachbüchern zu nehmen. Das vorliegende Büchlein soll ein Versuch sein, das Gebiet der Explosivstoffe dem Laien in leicht verständlicher Form näherzubringen. Und zwar soll dies in der Weise geschehen, daß die geschichtliche Entwicklung der Schieß- und Sprengstoffe von den frühesten Zeiten an bis zur Gegenwart geschildert wird. Es ist dies ein Ausschnitt aus der Geschichte der chemischen Technik, der zugleich — in seiner Verflechtung mit Völkerschicksal und Politik, mit Erfinderruhm und Erfinderenttäuschung — einen spannenden Querschnitt durch die Welt- und Kulturgeschichte weiter Zeiträume darstellt. Wer tiefer gehende Aufschlüsse über dies Thema sucht, findet in der Bibliographie am Schluß dieses Buches Titelangaben von Werken, die ihn zu gründlichem Studium hinleiten. Die dort angeführten Bücher sind die Quellen, aus denen auch der Verfasser schöpfte.

1

# FEUERKÜNSTE IM ALTERTUM

Die Griechen Homers benutzten das Feuer als Kriegsmittel nur in primitiver Weise, indem sie z. B. die hölzernen Schiffe des Feindes mit brennenden Scheiten oder Fackeln in Brand zu setzen versuchten. Erst im peleponnesischen Kriege (431—404 v. d. Ztr.) wurden bei Städtebelagerungen wirksamere Mittel, nämlich Brandsätze aus leicht brennenden Stoffen, wie Pech, Schwefel, Werg, Weihrauch und Kienspänen, angewandt. Diese Brandmischungen wurden entweder in Töpfen brennend auf den Feind geworfen oder an mantelförmigen Stangen angebracht, die an den kugelförmigen Enden mit eisernen Spitzen versehen waren, während der Brandsatz die Mitte der Stange umhüllte, so daß sie, auf die Schutzdächer der Belagerer geschleudert, sich dort brennend festsetzten. Brandfackeln, wenn auch von anderer Form, scheinen allerdings schon früher von anderen Völkern, vor allem von den Babyloniern, benutzt worden zu sein. Auf einem im Britischen Museum befindlichen Alabasterrelief aus Nimrud bei Niniveh, das etwa um 850 v. d. Ztr. entstanden sein dürfte, sieht man die Verteidiger einer Stadt solche Brandfackeln gegen die mit Leder bekleideten Sturmschilde der angreifenden Streitwagen werfen. Man beobachtet auch hier schon, wie neue Waffen sofort neue Gegenmittel entwickeln; aus den Streitwagen wird zum Löschen mittels einer löffelförmigen Vorrichtung Wasser auf die Lederpanzer gegossen (Abb. 1).

Brandpfeile tauchen in der Literatur erst gegen Ende des vierten Jahrhunderts n. d. Ztr. auf, so z. B. in einem Kriegsbuch des Flavius Vegetius Renatus, der seit 383 in Konstantinopel lebte. Diese Pfeile trugen den Brandsatz im Innern einer durchlöcherten Hülse, die hinter der Spitze des Pfeiles aufgesetzt war.

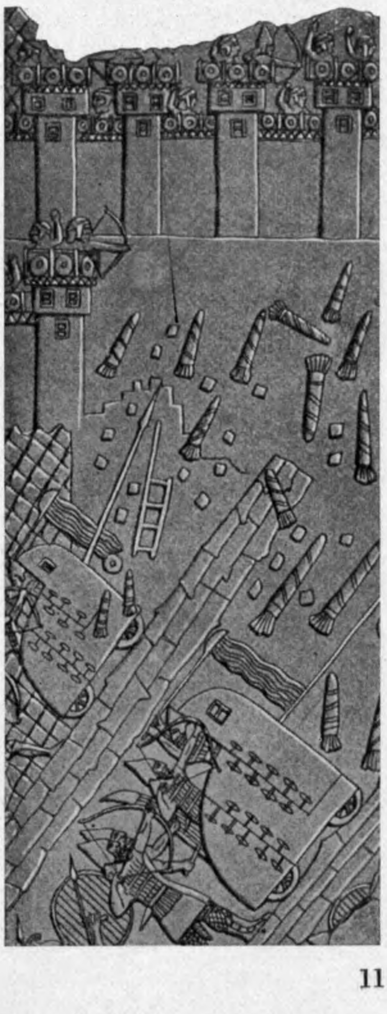


Abb. 1. Schon im grauen Altertum kämpften Assyrer und Babylonier mit Brandfackeln und Kampfwagen, den Vorläufern der Brandbomben und Panzerwagen (Alabasterrelief aus Nimrud um 850 vor d. Ztr.)

Es gab kleinere „malleoli“ für Bogen und größere „phalaricae“ für Katapulte. Als Brennmaterialien nennt Vegetius Werg, Harz, Schwefel, Bitumen und Erdöl. Neu ist hier die Verwendung des Erdöls zu Kriegszwecken, die wahrscheinlich von den Bewohnern östlicher Länder ihren Ausgang nimmt, wo schon seit frühen Zeiten Naphtha aus dem Boden strömte. Die Griechen dürften das Erdöl in der Gegend von Kolchis, zwischen dem Schwarzen und Kaspischen Meer, kennengelernt haben, also dort, wo heute noch wichtige Zentren der Erdölindustrie liegen. Plutarch hat uns das Erstaunen Alexanders des Großen übermittelt, als die Einwohner von Ekbatana zu Ehren des Eroberers die Straße, die zu seiner Wohnung führte, mit Erdöl besprengten und in der Nacht durch Entzünden mit Fackeln in eine illuminierte Feststraße verwandelten. Nach dem Eindringen der Römer in die aus Alexanders Weltreich entstandenen Diadochenreiche übernahmen auch diese die Kriegsverwendung der Naphtha.

Ihren Höhepunkt aber erreichte sie im sogenannten „griechischen Feuer“, von dem in zahlreichen alten Manuskripten und Büchern die Rede ist. Nach der Überlieferung — Theophanes, ein zuverlässiger byzantinischer Geschichtsschreiber (758—817), berichtet z. B. darüber — soll das griechische Feuer um 673 von dem griechischen Architekten Kallinikos nach Konstantinopel gebracht worden sein und seine erste Anwendung in der Seeschlacht von Kyzikos (678) gegen die Araber gefunden haben. Der Kaiser Constantin Pogonatus ließ, so heißt es, seine Kriegsschiffe, die bisher nur mit Feuertöpfen und Brandgeschossen kämpften, mit dem neuen Kriegsmittel ausrüsten und konnte so die Araber in die Flucht schlagen und das Reich retten. Kein Wunder, daß das griechische Feuer von den Nachfolgern auf dem byzantinischen Kaiserthron als Staatsgeheimnis ängstlich gehütet wurde. Leo III. (718—48) bezeichnete es als heilig und nur ihm selbst bekannt. Constantin Porphyrogennetos (918—59) behauptete sogar, ein Engel sei vom Himmel herabgekommen und habe es Constantin dem Großen, dem ersten christlichen Kaiser, anvertraut und zu alleiniger Verwendung zum Schutze der Christen übergeben. Bei seinem Tode hinterließ er seinem Sohn eine Schrift über die Verwaltung seines Reiches, in der er ihn verpflichtete, auf sorgfältige Geheimhaltung des Rezeptes zu achten; zur Abschreckung erinnerte er an die gräßliche Strafe, die einen Verräter getroffen habe, der beim Betreten der Kirche vom himmlischen Feuer verzehrt worden sei. Tatsächlich hatte der Kaiser Grund dazu, sein wirkungsvolles Kriegsfeuer mit dem Schleier des Geheimnisses zu umhüllen, denn 941 verdankte Konstantinopel noch einmal seine Errettung vor den Russen unter Igor, der mit einer Flotte von über 1000 Schiffen die Stadt angriff, dem griechischen Feuer. Die Flotte des Kaisers bestand nur aus 15 gebrechlichen Fahrzeugen, die aber mit feuerspeienden Maschinen bestückt waren, deren Wirkung bei den Russen einen panischen Schrecken hervorrief.

Was war nun eigentlich dieses geheimnisvolle griechische Feuer? Verschiedene Historiker, so der französische Chemiker Berthelot und der deutsche



Abb. 2. Ein Seegefecht im 10. Jahrhundert, unter Verwendung von griechischem Feuer. (Nach einer Darstellung aus dem 10. Jahrhundert, die sich heute in der Markusbibliothek in Venedig befindet)

Altphilologe Hermann Diels, haben geglaubt, daß es sich dabei um Schießpulver gehandelt habe oder wenigstens um einen schießpulverähnlichen Sprengstoff, der schon neben Schwefel und verbrennbaren organischen Stoffen Salpeter enthalten haben soll. Diese Auslegung schien dadurch eine gewisse Wahrscheinlichkeit zu erhalten, daß in den „Kesten", einem enzyklopädischen Werk des gelehrten Julius Africanus, der 232 n. d. Ztr. als Bischof von Nikopolis starb, ein Brandsatz erwähnt wird, der Schwefel, „Salz", flüssigen Asphalt und gebrannten Kalk als Hauptbestandteile enthalten haben soll. Das Rezept lautete:

„Von natürlichem Schwefel, Steinsalz und gepulvertem Donnerstein werden gleiche Teile in einem schwarzen Mörser zusammengerieben, während die Sonne mitten am Himmel steht, und Harz vom schwarzen Sykaminenbaum und flüssiger, natürlicher Asphalt von Zakynthos in gleichen Teilen hinzugesetzt bis zur rußartigen Färbung. Dann wird eine geringe Menge gebrannten Kalkes zugefügt. Vorsichtig aber muß man reiben, während die Sonne mitten am Himmel steht, und das Gesicht in acht nehmen. Denn die Mischung wird sich vielleicht plötzlich entzünden. Aufbewahren aber muß man sie unter luftdichtem Verschluß in einem geeigneten ehernen Gefäß, bis zum Augenblick der Verwendung. So muß man sie in einer Büchse halten und niemals mehr dem unmittelbaren Sonnenlicht aussetzen. Willst du aber die Kriegswerkzeuge der Feinde oder etwas anderes verbrennen, so beschmierst du sie am Abend damit, aber heimlich; denn wenn die Sonne aufgeht, wird alles verbrannt werden..."

Es handelt sich hier offenbar um ein selbstentzündliches Gemisch, bei dem der gebrannte Kalk unter dem Einfluß von Wasser, nämlich Morgentau, eine so starke Wärme entwickelt, daß die erhöhte Temperatur das Erdöl teilweise zum Verdampfen bringt, so daß die Dämpfe mit Luft explosive, leicht entzündliche Gasgemische ergeben. Der Zusatz von Salz sollte wohl der Flamme eine gelbe Farbe verleihen (gelbe Flammen wurden für besonders heiß gehalten). Im übrigen ist von S. J. von Romocki, einem der gründlichsten

Kenner der Geschichte der Explosivstoffe, und von dem Chemiehistoriker E. O. v. Lippmann wahrscheinlich gemacht worden, daß die angezogene Stelle der Kesten nicht aus dem 3. Jahrhundert stammt, sondern ein viel späteres Einschiebsel, offenbar aus dem Ende des 7. Jahrhunderts, darstellt.

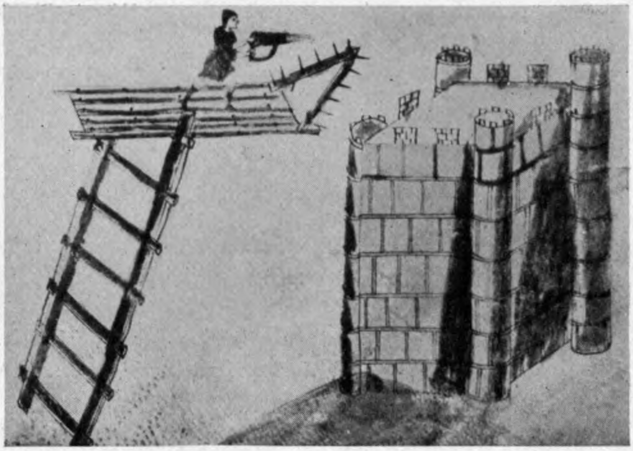
Eine andere Literaturstelle, die scheinbar dafür spricht, daß schon in sehr früher Zeit Schießpulver bekannt gewesen sei, findet sich im „Feuerbuch" des Marcus Graecus (Ad comburendos hostes ... d. h. Zum Verbrennen der Feinde). Dort wird ohne Zweifel Salpeter als Bestandteil eines „fliegenden Feuers" erwähnt, das man durch Mischen von einem Teil Schwefel, zwei Teilen Kohle und sechs Teilen Salpeter herstellen könne. Aber das Feuerbuch des Marcus stammt nicht, wie behauptet wurde, aus dem 8. oder 9. Jahrhundert, sondern dürfte um die Mitte des 13. Jahrhunderts entstanden sein, also zu einer Zeit, in der — wie im folgenden Abschnitt gezeigt wird — die Verwendung des Salpeters zur Herstellung von Schießpulver schon bekannt war.

So bleibt also, nach dem jetzigen Stand der Chemiegeschichte, festzustellen, daß aller Wahrscheinlichkeit nach weder die alten Griechen noch die Römer oder andere Völker des Altertums das Schießpulver gekannt haben. Alle Brandsätze, die damals Verwendung fanden, vor allem das berühmte griechische Feuer, sind frei von Salpeter. Wohl aber wurde vielfach schon Erdöl, als solches allein oder in Mischung mit anderen Stoffen, als Kriegsmittel benutzt. Im griechischen Feuer besaß man einen äußerst wirksamen Brandsatz, der, im Land- und vor allem im Seekriege angewandt, sich in Berührung mit Wasser entzündete und mit Wasser nicht ohne weiteres gelöscht werden konnte.

Die Frage, welcher m e c h a n i s c h e r H i l f s m i t t e l man sich bediente, um diese Brandsätze anzuwenden, ist noch nicht ganz geklärt. Verschiedene Chronisten berichten, daß man „flüssiges Feuer" aus ehernen „Siphonen" auf die anzugreifenden Schiffe oder Verteidigungswerke spritzte. Wahrscheinlich waren dies doppelt wirkende Druckpumpen, die schon um 200 v. d. Ztr. von Ktesibios von Alexandria erfunden worden waren und hauptsächlich als Feuerspritzen dienten. Außerdem scheint es aber auch noch andere Vorrichtungen zum Abschießen von Naphtha oder von griechischem Feuer gegeben zu haben. So sieht man auf einer Miniatur des 10. Jahrhunderts aus der Marcus-Bibliothek in Venedig Blasrohre, aus denen im Nahkampf von Schiff zu Schiff „geschossen" wurde (Abb. 2). Im Codex Vaticanus Graecus 1605, der im 11. Jahrhundert geschrieben wurde, wird ein Feuerangriff mittels einer Vorrichtung gezeigt, die an eine Pistole erinnert: ein Soldat steht oben auf einer Fallbrücke und schickt eine Feuerladung gegen die Zinnen einer feindlichen Festung (Abb. 3). Ob es sich hier um einen „Handsiphon" handelt, oder ob die Waffe ein Phantasieprodukt des Zeichners ist, läßt sich einstweilen nicht entscheiden.

Einer sonderbaren Nachricht über das S p r e n g e n ist hier schließlich noch zu gedenken. Nach dem Berichte von Livius und anderen Schriftstellern

Abb. 3. Griechisches Feuer bei der Belagerung einer Festung im 11. Jahrhundert. (Nach einer im Vatikan befindlichen Handschrift)



soll Hannibal im Jahre 218 v. d. Ztr. bei seinem berühmten Übergang über die Alpen Felsblöcke entfernt haben, indem er auf das durch Feuer glühend gemachte Gestein Essig goß. Dies kann natürlich nicht so verstanden werden, daß er das Kalk- oder Dolomitgestein mit verdünnter Essigsäure auflöste, da hierzu ja ungeheure Mengen Essig erforderlich gewesen wären (nach E. O. v. Lippmann mindestens 2,5 Kubikmeter je Doppelzentner, falls reines Kalkgestein vorgelegen hätte). Es ist vielmehr anzunehmen, daß es sich hier um die alte Methode des „Feuersetzens" zum Absprengen von Gestein handelt, wobei allerdings die abergläubische Vorstellung eine Rolle gespielt haben mag, daß der Essig von besonders „kalter" Natur sei und daß beim Zusammenprallen von zwei so extremen Gegensätzen wie Feuer und Kälte besonders heftige Wirkungen zu erwarten wären.

## II

## DIE ERFINDUNG DES SCHIESSPULVERS UND DER FEUERWAFFE

Schießpulver oder Schwarzpulver ist bekanntlich ein Gemenge von etwa 75 Teilen Kalisalpeter (Kaliumnitrat), 15 Teilen Kohle und 10 Teilen Schwefel. Von diesen drei Bestandteilen sind Kohle und Schwefel seit Urzeiten dem Menschen bekannt gewesen. Kohle wurde schon in Ägypten, im alten Griechenland und in allen Ländern mit früher Metalltechnik durch „Verkohlen" von Holz, d. h. durch Erhitzen von Holz bei beschränktem Luftzutritt — in Gruben oder sogenannten Meilern — gewonnen und zu den verschiedensten Zwecken, hauptsächlich zur Metallgewinnung, verwendet. Auch Schwefel, der u. a. auf Sizilien in umfangreichen Lagerstätten vorkommt, war im Altertum wohl bekannt und wurde zu den verschiedensten Zwecken benutzt. Anders war es mit dem Salpeter, der in der Natur in größerer Menge nur unter besonderen Bedingungen entsteht, nämlich durch Verwesung stickstoffhaltiger organischer Stoffe bei gleichzeitigem Vorhandensein von Kali, Natron

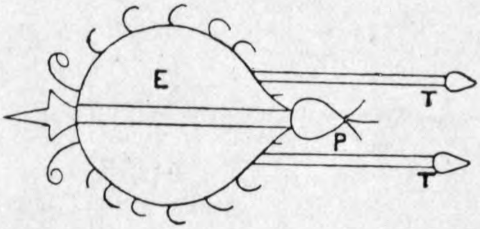
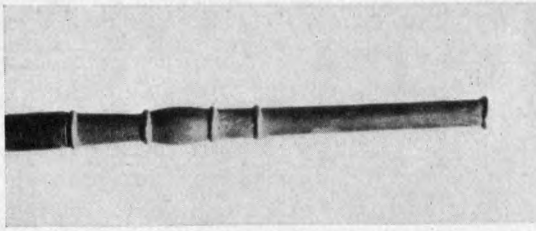


Abb. 4. Die früheste bekannte Darstellung eines Torpedos in einem arabischen Feuerwerksbuch, das zwischen 1275 und 1295 geschrieben wurde

oder Kalk, und zwar vorzugsweise in Gegenden mit heißem Klima. Damit ist schon gesagt, daß die frühesten Nachrichten über Salpeter schon einen Fingerzeig geben können, in welchen Ländern man zuerst Schießpulver hergestellt hat. Die meisten Historiker stimmen darin überein, daß weder die alten Ägypter, noch die alten Griechen, noch die alten Römer oder andere Völker des Altertums den Salpeter gekannt haben. In den Werken alter Autoren wird zwar häufig ein Naturprodukt erwähnt, das als „nitrum" (griechisch „nitron") bezeichnet wurde, was man früher häufig mit „Salpeter" übersetzte. Aber dies alte „Nitrum" war kein Salpeter, sondern kohlensaures Alkali, das an manchen Stellen Nordafrikas und Asiens aus dem trockenen Boden ausblüht und infolgedessen auch „Aphronitrum" (Schaumnitrum) genannt wurde. Die Ägypter benutzten es beim Einbalsamieren der Leichen, die Römer setzten es dem Gemüse zum Kochen zu, um es verdaulicher zu machen, und die römischen Damen verwendeten es als Schminke (Ovid: „Bleiweiß fehle Dir nie, noch Schaum vom rötlichen Nitrum" ...). Für diese Deutung des Wortes „nitrum" spricht auch das orientalische „Neter", das in den Sprüchen Salomonis erwähnt wird: „das Wort der Gottlosen ist wie Essig auf Neter gegossen" — womit es deutlich als Alkalikarbonat gekennzeichnet wird, das bekanntlich mit Säuren unter Aufbrausen Kohlensäure entwickelt.

Die frühesten arabischen Nachrichten über Salpeter finden wir in Schriften, die nicht vor Beginn des 13. Jahrhunderts abgefaßt wurden. Arabische Ärzte erwähnen ihn um 1250 unter dem Namen „Schnee von China" oder „Salz von China" und verwenden ihn als kühlendes Mittel gegen Fieber sowie zur Herstellung von Kältemischungen. Etwas später, etwa zwischen 1275 und 1295, wird Salpeter im Gemisch mit Kohle und Schwefel auch schon in einem arabischen Feuerwerksbuch von Hassan-Alrammah als Grundstoff für die Feuerwerkskunst genannt; auch die Reinigung des Salpeters mit Aschenlauge und durch Kristallisation wird in diesem Buch schon beschrieben. Dieses Feuerwerksbuch ist übrigens außerdem dadurch interessant, daß es die Abbildung einer Vorrichtung enthält, die — nach Romocki — das erste bekannt gewordene Torpedo (mit Raketenantrieb) darstellt (Abb. 4). Die alte arabische und persische Bezeichnung „Schnee von China" deutet ohne Zweifel an, daß die Chinesen schon vorher den Salpeter kannten, und daß die Araber ihn aus China einführten, was bei ihren regen Handelsbeziehungen zum fernen Osten nicht weiter Wunder nimmt. Die Araber waren es wohl auch, von denen spanische, italienische und andere Ärzte die Kenntnis des Salpeters übernahmen.

Abb. 5. Eine chinesische Stangenbüchse aus dem Jahre 1377, die sich jetzt im Berliner Zeughaus befindet



Weisen also alle diese Tatsachen auf China als das Land hin, in dem man zuerst den Salpeter kannte und verwendete, so scheinen doch — wie bei manchen anderen angeblich chinesischen Erfindungen und Entdeckungen — die Vorstellungen über den frühen Zeitpunkt dieser Kenntnisse übertrieben zu sein. Noch im 7. und 8. Jahrhundert n. d. Ztr. wandten die Bemannungen der chinesischen Handelsdschunken als Kriegsmittel gegen die Piraten Erdöl an, was wohl nicht der Fall gewesen wäre, wenn man zu dieser Zeit in China schon das Pulver gekannt hätte. Auch das um 1160 erwähnte „Öl des heftigen Feuers" war Erdöl. Nach einer allerdings nicht ganz zuverlässigen chinesischen Angabe soll jedoch ein chinesischer Heerführer namens Wei-sching, der 1164 starb, ein aus Salpeter, Kohle und Schwefel hergestelltes Pulver benutzt haben; dies wäre dann die erste Erwähnung des Schießpulvers in China. Als frühester zuverlässig belegter Bericht über die Anwendung von Pulver galt bisher die Nachricht, daß bei der Belagerung von Pien-king (Kaifung-fu) durch die Mongolen im Jahre 1232 die Chinesen, wahrscheinlich aus Wurfmaschinen, auf die Feinde große Gefäße schleuderten, die mit einem Brandsatz gefüllt waren, aus dem unter Donnerkrachen nach allen Seiten Feuer hervorbrach. Offenbar mußte dieser mit „Yo" bezeichnete Brandsatz schon vor dem Abwurf mit einer brennenden Lunte oder Zündschnur versehen worden sein. Bei der Belagerung von Pien-king wurden von den Chinesen auch Brandpfeile benutzt, deren Schaft einen nach hinten offenen mit Pulver gefüllten Behälter trug. Es geht nicht ganz klar aus der Beschreibung hervor, ob diese Pfeile mit dem Bogen abgeschossen wurden, so daß also die wohl durch eine Zündschnur ausgelöste Explosion des Pulvers nur die Geschwindigkeit des Pfeiles erhöhte, oder ob schon diese Explosion allein genügte, um den Pfeil wie eine Rakete vorwärts zu treiben. Jedenfalls scheint hier die älteste bisher bekannte Kriegsanwendung des Schießpulvers — als Brandsatz für Bomben und Raketen — vorzuliegen. Man hat angenommen, daß zwischen der Erfindung des Schießpulvers und dieser Anwendung immerhin einige Jahrzehnte liegen müssen, und die Erfindung des Schießpulvers ist dementsprechend von v. Romocki und v. Lippmann in die zweite Hälfte oder frühestens in die Mitte des 12. Jahrhunderts verlegt worden. Neuere chinesische Untersuchungen, die aber noch nachgeprüft werden müssen, machen es allerdings wahrscheinlich, daß der Zeitpunkt der Pulvererfindung in China doch noch weiter zurückliegt.

Verfolgen wir die Entwicklung dieser Erfindung in China weiter, so ist schon um 1259 ein neuer Fortschritt festzustellen: in diesem Jahre berichten die chinesischen Annalen von der „Lanze des ungestümen Feuers“. Diese Waffe bestand aus einem Bambusrohr mit kolbenartigem Handgriff aus Holz, das mit mehreren Schichten Pulver locker gefüllt wurde; bei der Entzündung des Brandsatzes schossen kleine Klümpchen oder Körner heraus, die aus noch nicht von der Explosion ergriffenen, schwerer entzündlichen Teilen der Ladung, vielleicht auch aus besonders präparierten brennbaren Kügelchen bestanden. Diese Waffe, die offenbar Ähnlichkeit mit der bei Feuerwerken vorgeführten „römischen Kerze“ besaß, war schon eine primitive Vorstufe zur Schußwaffe im heutigen Sinne, wenn man auch noch keine festen Geschosse damit abfeuern konnte. Nur ein kleiner Erfindungsschritt trennte sie noch von dem metallenen Rohr, aus dem man durch die Explosionskraft des Pulvers harte Kugeln schießen konnte, aber seltsamerweise versagte hier der chinesische Erfindungsgeist, obwohl die Chinesen in jener Zeit schon über eine hochentwickelte Bronze- und Eisengußtechnik verfügten. Es ist zwar die Vermutung geäußert worden, man hätte möglicherweise doch in China die Feuerwaffe bis zum metallenen Schießrohr weitergebildet, sei aber — vielleicht weil man die Gefahren des unheimlichen Instruments beim Ausprobieren erkannt hätte — von seiner endgültigen Vervollkommnung abgehalten worden. Aber ein so wichtiges Ereignis hätte doch sicher seinen Niederschlag in der chinesischen Literatur finden müssen. Es kommt hinzu, daß die älteste bekannte, datierte chinesische Stangenbüchse (Abb. 5), die sich jetzt im Zeughaus in Berlin befindet, aus dem Jahre 1377 stammt, also aus einer Zeit, in der in Europa, wie wir sehen werden, derartige Schießwaffen schon fast hundert Jahre in Gebrauch waren. Gegen die Annahme, daß die Pulver-Schießwaffe von den Chinesen im letzten Viertel des 13. Jahrhunderts erfunden sei, spricht auch die weitere Tatsache, daß der bekannte Venetianer Marco Polo, der um jene Zeit in China weilte und uns in seinem Reisebericht viele wissenswerte Einzelheiten aus dem fernen Osten übermittelt hat, mit keinem Wort von Geschützen oder Gewehren im heutigen Sinne spricht (die sogenannten „Geschütze“, die bei der Belagerung chinesischer Städte durch die Mongolen 1268—1273 zur Anwendung kamen, sind in Wirklichkeit keine Pulver-Geschütze gewesen, sondern hölzerne Wurfmaschinen für Steine). So nimmt es denn auch nicht wunder, daß die Chinesen, als sie später die Bekanntschaft der europäischen Gewehre und Geschütze machten, noch im 16. Jahrhundert durch diese für sie neuartigen Kriegsinstrumente aufs höchste beeindruckt waren.

Die Chinesen haben demnach zwar das Pulver erfunden, aber nicht seine Verwendung zum Schießen. Auch die Inder, die Türken und die Araber scheiden nach gründlicher Untersuchung der in Betracht kommenden Quellen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, als Erfinder der Schießwaffe aus. Vielmehr deuten verschiedene Anzeichen darauf hin, daß der Ursprung dieser epochemachenden Erfindung im Abendland zu suchen ist.



Abb. 6. Im schönen Freiburg i. Br. steht — von schattigen Bäumen fast verdeckt — dies Denkmal des schwarzen Berthold, den die Legende zum Erfinder des Schießpulvers macht

Von den verschiedensten Nationen — Italienern, Franzosen, Engländern und Deutschen — sind hier Erst-Erfindungsansprüche gestellt worden; neuerdings hat auch noch ein Chinese*) für sein Volk den Ruhm beansprucht, nicht nur das Schießpulver, sondern auch die eigentliche Pulverwaffe erfunden zu haben — im Gegensatz zu der oben gegebenen Darstellung, nach der in China nur eine primitive Vorstufe auf dem letzteren Gebiet erreicht wurde. Es ist sehr schwierig, diese Prioritätsfrage mit absoluter Sicherheit zu entscheiden, da unmittelbare Aufzeichnungen aus der Zeit der Erfindung fehlen und spätere Berichte oft ungenau oder gar gefälscht sind. Außerdem hat bei der Deutung von Urkunden, Abbildungen und Literaturstellen nicht nur der Geschichtsforscher, sondern auch der Techniker und Chemiker, der artilleristische Fachmann und oft auch der Sprachenkenner ein Wort mitzureden. So ist also jedes Urteil, das diese Frage entscheidend beantworten will, bis jetzt mit einem mehr oder weniger einschränkenden „vielleicht" oder „wahrscheinlich" zu versehen. Mit diesem Vorbehalt läßt sich aber sagen, daß die Ausnutzung der treibenden Kraft der Pulvergase in metallenen Rohren, also das eigentliche Schießen von Geschossen, zuerst wohl auf deutschem Boden erfunden wurde.

Die Volkssage hat bekanntlich den „schwarzen Berthold" (Berthold Schwarz) in Freiburg i. Br. bei alchimistischen Versuchen das Pulver erfinden lassen, und die Freiburger haben ihm zu Ehren 1853 ein würdiges Denkmal gesetzt (Abb. 6). In einer um 1450 verfaßten Streitschrift des Züricher Mönches Felix Hemmerlin („Über den Adel und die Bauernschaft") heißt es, der schwarze Berthold habe „den hitzigen

*) Lu Mau Dê, in „Sinica", 1938, S. 25—38.



Abb. 7. Bild des „Ehrwürdigen und Sinnreychen Vatters Berthold Schwartz genandt, Franciscaner Ordens, Doctor. Alchimist und Erfinder der freyen Kunst des Büchsenschiessens". (Kupferstich aus dem Jahre 1643)

Schwefel mit dem kalten Salpeter" und mit Kohle in einem Mörser oder einer Büchse vermischt; dabei sei zufällig durch einen Funken eine Entzündung erfolgt, und ein Stein, der als Deckel für das Gefäß diente, sei unter Blitz und Donner plötzlich weit fortgeschleudert worden. Dies habe sich vor 200 Jahren, also um 1250, ereignet. Berthold habe diese Beobachtung weiter verfolgt, indem er eine mit eisernen Ringen verstärkte Büchse verwendete und Steinkugeln als Geschosse benutzte, womit die „Feuerbüchse" erfunden war.

Man hat mehrfach den „schwarzen Berthold" ganz in das Reich der Sage verweisen wollen; aber durch Untersuchungen des badischen Theologen und Historikers Heinrich Hansjakob ist seine wirkliche Existenz immerhin wahrscheinlich gemacht worden. In einer Urkunde aus dem Jahre 1245 wird ein „Magister Berthold" aus Freiburg erwähnt; der eigentliche Name dieses Zisterzienser-Mönches, der später wohl zum Franziskaner-Orden übertrat, soll Konstantin Anklitzen gelautet haben, und der Familienname Anklitzen ist im alten Freiburg mehrfach bezeugt. Daß keine Klosteraufzeichnungen über den schwarzen Berthold vorliegen, wird damit erklärt, daß die Nachfolger der aus Freiburg vertriebenen Mönche die alten Pergamenturkunden abschabten, um neues Schreibmaterial zu erhalten. Außerdem ist es durchaus verständlich, daß man mit der Aufzeichnung von Berichten über die Erfindung von solchem „Teufelswerk" sehr vorsichtig war; die Sage läßt ja auch den Schwarzen Berthold zur Strafe eines gewaltsamen Todes sterben. Für Freiburg als Erfindungsort wird ferner noch geltend gemacht, daß diese Stadt von jeher bei den Nachbarstädten im Ruf stand, gute Geschütze zu liefern. Schließlich wird noch als Beweisstück ein scherzhaftes Trinklied angeführt, das sich in einer Breisgauer Handschrift findet, und in dem schon vom Büchenschießen die Rede ist; man weiß aber nicht sicher, ob diese Handschrift aus dem Jahre 1296 oder aus dem Jahre 1371 stammt.

Hat der schwarze Berthold also möglicherweise gelebt (Abb. 7 u. 8), so kann er doch, wie wir gesehen haben, als Erst-Erfinder des Schießpulvers nicht in Betracht kommen. Denn in der Zeit, in der er gelebt haben soll, nämlich um 1250 oder später, kannten die Chinesen das Pulver schon jahrzehntelang, und etwa gleichzeitig war es auch schon den Arabern bekannt. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß Berthold der erste deutsche selbständige Nacherfinder des Pulvers war. Aber wahrscheinlicher ist, daß er die Zusammensetzung dieses Gemisches aus anderer Quelle erfahren hatte. Man hat in diesem Zusammenhang besonders auf die Schriften von Albertus Magnus (1193—1280) und von Roger Bacon (1214—1294 [?]) hingewiesen. Der große deutsche Gelehrte Albert von Bollstädt soll in seinen viel nachgedruckten Schriften „De mirabilibus mundi" und „Compositum de compositis" schon das Schwarzpulver und seine Verwendung gekannt haben; aber leider sind gerade diese seiner überhaupt schwer datierbaren Schriften als nicht von ihm herstammend erwiesen worden. Etwas zuverlässiger sind die Nachrichten über die Kenntnisse des englischen Franziskaner-Mönches, des „Doctor mirabilis"



Abb. 8. Eine für das Volksempfinden charakteristische Darstellung der Erfindung des Schießpulvers, bei der im Hintergrund der Teufel als Mithelfer auftritt. (Nach einer Lithographie unbekannter Herkunft)

Roger Bacon (Abb. 9). Aus seiner 1267 abgefaßten Schrift „Opus tertium“ erfahren wir, daß das aus Salpeter, Schwefel und Weidenkohle hergestellte Pulver schon damals so bekannt war, daß die Kinder in verschiedenen Ländern es zur Belustigung in Form von kleinen Pergamentpatronen „verknallten“. Diese Stelle ist viel eindeutiger als die meist zitierte verschleierte Erwähnung des Pulverrezeptes in einem einige Jahre vorher geschriebenen Brief Roger Bacons an den Erzbischof von Paris. Dort führt er als Beispiel für die Fortschritte der Wissenschaft ein Donner und Blitz erzeugendes Pulver an, das angeblich aus Salpeter, Schwefel und „lura nope cum ubre“ bestehen soll; dieses Anagramm sei, so heißt es — durch Umstellung der Buchstaben —, als „carbonum pulvere“ (d. h. Kohlenpulver) zu deuten. Es ist aber nachgewiesen worden, daß sich die geheimnisvolle Wortzusammenstellung in keiner echten Bacon-Schrift findet. Nach einer anderen Lesart soll das Anagramm „luru vopo vir can utri“ lauten und die ganze Stelle folgendermaßen zu entziffern sein: „Lass’ das Gesamtgewicht 30 sein, jedoch vom Salpeter nimm 7 Teile, 5 vom jungen Haselholz und 5 vom Schwefel“. Auch diese Variante ist — schon wegen des darin enthaltenen Rechenfehlers ($7 + 5 + 5 = 30$!) — recht unglaubwürdig*), und die ganze Zahlen- und Buchstaben-Kabbalistik muß schon deshalb starke Zweifel erwecken, weil es einer Geheimhaltung des Rezeptes ja gar nicht bedurft hätte, wenn das Pulver wenige Jahre darauf schon ein Kinderspielzeug geworden war.

Aber kehren wir zu Berthold Schwarz zurück. Einerlei aus welcher Quelle er seine Kenntnis vom Pulver

*) Vgl. M. Speter: „Ztschr. f. d. ges. Schieß- u. Sprengstoffw.“ 24 (1929), 474—475.




Abb. 9. Roger Bacon, ein englischer Gelehrter, der schon um 1267 das Schießpulver erwähnte. Sein kühner Forschungsdrang brachte ihn in Konflikt mit der kirchlichen Anschauung und trug ihm jahrelange Kerkerhaft zu. (Nach Guttmann, „Monumenta Pulveris Pyrii“)

hatte — immerhin erscheint es nicht ganz ausgeschlossen, daß er der erste war, der dies Pulver seiner wichtigsten Verwendung zuführte, mit anderen Worten, daß er die eigentliche Schießwaffe erfand. Zumindest aber darf man in ihm die von der Sage verklärte Verkörperung jener deutschen Büchsenmeister sehen, die bald nach 1300 die weltbewegende Erfindung in vielen europäischen Ländern verbreiteten.

Es soll nicht verschwiegen werden, daß es immer noch nicht gelungen ist, den Zeitpunkt festzulegen, an dem die Geschütze oder Gewehre zuerst auftauchten. Die frühen Berichte, die hiervon Kunde geben, sind, wie schon erwähnt wurde, meist unsicher und nur mit großer Vorsicht zu deuten. So hat man zum Beispiel lange das Datum 1313 als den frühesten Zeitpunkt für die Erwähnung der Schießwaffe angenommen, weil es in einer Genter Urkunde heißt, daß in diesem Jahre von einem Mönch in Deutschland der Gebrauch der Büchsen erfunden worden sei. Es hat sich aber herausgestellt, daß diese Urkunde gefälscht und obendrein noch durch einen Schreibfehler — 1313 statt 1393 — entstellt ist. Eine aus Bronze gegossene Büchse des Grafen Arco trägt zwar die Jahreszahl 1322, ist aber auch nicht beweiskräftig, da diese Jahreszahl durch einen Gußfehler — falsches Ansetzen des oberen Striches bei der 5 — zustande gekommen ist und eigentlich 1522 lauten sollte. Ebenso konnte von einem Geschütz, das sich im Zeughaus von Amberg befand, nachgewiesen werden, daß es durch ein Versehen des Eisengießers die Jahreszahl MCCCIII (1303) statt MCCCCIII (1403) erhielt. Sog. Geschütze der Araber, die von ihnen in der Zeit von 1257 bis 1346 in Spanien benutzt wurden, waren Wurfmaschinen, die mit Schießpulver gefüllte Brandbomben warfen. Häufig findet man die Schlacht bei Crécy (26. August 1346) in diesem Zusammenhang zitiert, in der nach einem Bericht von Villiani die Engländer erstmalig Feldgeschütze angewandt haben sollen. Auch diese Angabe ist nicht stichhaltig: man weiß jetzt, daß Villiani mit dieser Behauptung die Niederlage seiner Landsleute, der genuesischen Armbrustschützen, die auf seiten der Franzosen fochten, zu beschönigen suchte, und daß der Sieg der Engländer zum großen Teil ihren gut ausgebildeten Bogenschützen zu verdanken war.

Zu den nicht ganz sicheren Beweisstücken gehört auch noch eine 1906 von Guttmann veröffentlichte „älteste bildliche Darstellung einer Feuerwaffe", die in einer in Oxford befindlichen Handschrift des Walter de Millimete vorkommt (Abb. 10). Diese Handschrift wurde 1326 begonnen; ihr Verfasser war ein höherer Geistlicher und widmete sie dem König Eduard II. von England. Eine zweite Schrift von Millimete, die aus demselben Jahre stammt, enthält eine ähnliche Abbildung (Abb. 11). Man erblickt auf diesen Bildern ein flaschen- bzw. vasenförmiges Gefäß, das wohl die Pulverladung aufnahm; aus dem Geschütz sieht man auf dem ersten Bild einen Pfeil gegen ein Tor herausschnellen. Der eine Ritter trägt in der Hand einen „Glühhaken" zur Entzündung des Pulvers. Auf dem zweiten Bild steckt der Pfeil noch im Geschützlauf. Während Guttmann, Feldhaus und andere in dem dargestellten Gegen-

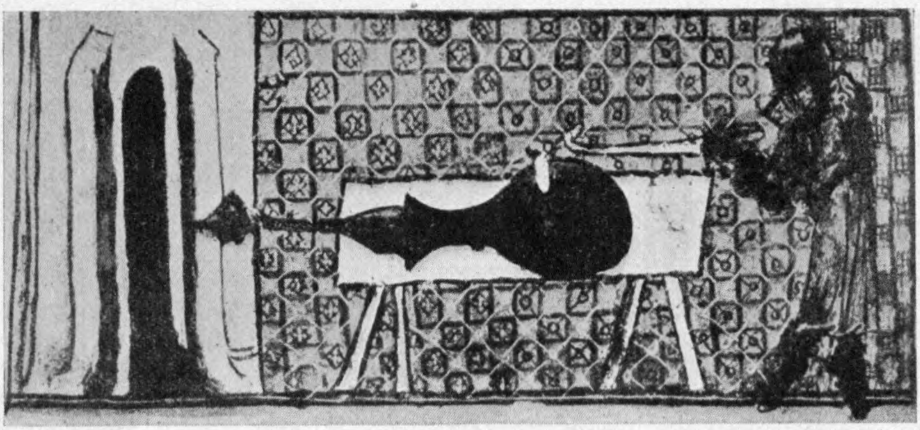


Abb. 10. Die wahrscheinlich älteste Darstellung eines vasenförmigen Pulvergeschützes zum Schießen mit Pfeilen. (Aus einer englischen Handschrift des Walter de Millimete, 1326)

stand ein richtiges Geschütz zum Abfeuern von Pfeilen, die unten kugelförmig und verdickt waren, sehen wollen, äußern v. Lippmann und vor allem Rathgen Zweifel an dieser Deutung der Abbildungen. Rathgen hält auch die in John Barbours „Leben von Robert Bruce, König von Schottland" (1375) erwähnten „crackys of were", die 1327 aufgetaucht sein sollen, nicht für echte Geschütze, sondern für Vorrichtungen zur Erzeugung abschreckender Donnergeräusche.

Nicht ganz einwandfrei ist schließlich noch jene Stelle in der Chronik der oberitalienischen Stadt Cividale, nach der im Jahre 1331 dort bei der Belagerung von den deutschen Rittern de Cruspergo (von Kreuzberg) und de Spilimbergo (von Spangenberg) „vasa" (Geschütze) und „sclopi" (italienisch schioppi = Flinten) zum Schießen benutzt worden seien. Nach einer anderen Handschrift ist diese Nachricht in die Chronik in einer späteren Zeit eingeschoben worden, als die Schießwaffe bereits in ihrer Entwicklung zu beiden Waffenformen vorgeschritten war.

Diese Beispiele gefälschter, ein- oder untergeschobener oder jedenfalls



Abb. 11. Eine Variante der Darstellung des Pulvergeschützes nach Walter de Millimetes Handschrift. Beide Bilder sind ihrer genauen Deutung nach noch umstritten. (Malerei von 1326)

unsicherer Beweismittel für die Feststellung des ersten Auftretens der Feuerwaffe lassen sich noch beliebig vermehren. Fragen wir uns nun, welche wirklich einwandfreien Quellen uns denn eigentlich zur Verfügung stehen, so finden wir wohl den sichersten Wegweiser durch den Irrgarten der Chroniken und sonstigen Handschriften in den Rechenbüchern der Stadtarchive. Denn diese nüchternen Zeugen der Vergangenheit sind am wenigsten den Gefahren späteren Abänderungen und Fälschungen ausgesetzt und bieten in ihren zahlenmäßigen Angaben die beste Gewähr für Zuverlässigkeit. Den Rechenbüchern ist nun zu entnehmen, daß in Deutschland Aachen 1346 im Besitz einer eisernen Donnerbüchse war, daß Frankfurt a. M. 1348 eine Feuerwaffe (wahrscheinlich allerdings nur ein Geschütz zum Abfeuern von Brandpfeilen) besaß, während drei Jahre später dort schon mehrere Geschütze vorhanden waren; daß 1348 auch schon in Naumburg a. d. Saale die Pulverwaffe auftauchte, und daß 1350 in Steyr schon ein Riesengeschütz zum Schießen mit mehrere Zentner schweren Steinkugeln gebaut wurde. Dann folgen andere deutsche Städte mit der Anschaffung von Geschützen: Lübeck, Nürnberg, Erfurt usw. Im übrigen Europa sind es hauptsächlich Städte im burgundischen und flandrischen Gebiet, aus denen frühe Belege für das erste Vorkommen von Geschützen oder Donnerbüchsen bekannt geworden sind (Brügge 1339, Tournay 1346, Gent 1347 usw.), ferner etwa gleichzeitig italienische und Schweizer Städte, während für England noch sichere Nachweise für die gleiche frühe Zeit vor 1350 fehlen; noch 1378 mußte Richard II. sich Geschütze aus Flandern kommen lassen, um französische Küstenstädte zu beschießen, und noch 1627 wurde in England — neben der Pulverwaffe — der Bogen als Kriegswaffe benutzt.

G. Köhler, der wie Rathgen Artillerist war, hat die Ansicht vertreten, daß Geschütze zuerst bei den Mauren in Spanien aufgekommen seien und dann ihren Weg über Frankreich und Italien nach Deutschland genommen hätten. Dies kann wohl nicht zutreffen, denn die Nachrichten über die Benutzung von Geschützen bei Belagerungen spanischer Städte in der Zeit zwischen 1325 und 1342 sind als Irrtümer erwiesen worden. Erst um 1407 werden in Spanien die ersten richtigen Geschütze erwähnt.

Um 1350 muß in Deutschland das Schießen aus Büchsen schon ganz bekannt gewesen sein. Denn in der ersten deutschen Naturgeschichte, dem „Buch der Natur", das der Regensburger Geistliche Konrad von Megenberg 1349 bis 1350 schrieb, finden sich verschiedene Anspielungen auf das Schießen aus „pühsen" oder „schozpüchsen" (Büchsen bzw. Schießbüchsen). Man kann also wohl mit Sicherheit annehmen, daß eigentliche Geschütze und Gewehre in Deutschland und in den deutschen Nebenländern ein Jahrzehnt oder mehrere Jahrzehnte vor 1350 aufkamen. Als frühester Grenzzeitwert ist von Rathgen das Jahr 1321 bezeichnet worden. Damals legte ein gewisser Marinus Sanutus (genannt Torsellus) dem in Avignon residierenden Papste eine Denkschrift vor, in der er alle möglichen Kampf- und Abschreckmittel aufzählte, die man in einem von ihm propagierten Kreuzzug gegen die Türken anwenden könnte. In diesem reichhaltigen Waffenverzeichnis fehlt aber merk-

würdigerweise die Pulverwaffe, die der weitgereiste Italiener sicher nicht vergessen hätte, wenn sie um diese Zeit schon öffentlich bekannt gewesen wäre.

Für die Ansicht, daß die Wiege der Schießkunst in Deutschland gestanden hat, sprechen schließlich noch andere Gründe. Italiener wie Petrarca (1304 bis 1374), Ariost (1474—1531) und Macchiavelli (1469—1527) und Franzosen wie König Johann II. (1350—1364) haben die Erfindung des Geschützes den Deutschen zugeschrieben. Die früheste Literatur der Artillerie ist in deutscher Sprache geschrieben, und deutsche „Büchsenmeister" waren lange Zeit die technischen und artilleristischen Lehrmeister fast des gesamten Auslandes.

Die Frage nach der frühesten Form der Pulverwaffe ist noch nicht einwandfrei geklärt worden. War das erste Geschütz ein ausgebauchtes Gefäß für Brandpfeile oder -bolzen, wie es die umstrittene Abbildung von Millemete zeigt und wie es z. B. für das Jahr 1338 für Rouen belegt wird („un pot de fer à traire des garros à feu")? Oder war es eine mörserähnliche Waffe, wie es die Geschichte vom schwarzen Berthold vermuten läßt, also ein Geschütz zum Schießen mit Steinkugeln, wie die früh bezeugte „Steinbüchse"? Nahm die Entwicklung ihren Ausgang von den Handfeuerwaffen oder von den großkalibrigen Waffen? Auf diese und andere Fragen kann hier in dieser Darstellung der Geschichte des Schieß**pulvers** nicht im einzelnen eingegangen werden, doch sollen in den folgenden Abschnitten, in denen die weitere Geschichte des Schießpulvers behandelt wird, auch die damit zusammenhängenden Wandlungen der Schießpulverwaffe wenigstens in ihren wichtigsten Fortschritten gestreift werden.

## III

## DIE VERVOLLKOMMNUNG DES SCHWARZPULVERS

Die Artillerie — man nannte sie auch Artolorey oder Aerkeley — ist aus dem Wirken eines merkwürdigen Berufsstandes hervorgegangen, nämlich aus der Zunft der **Büchsenmeister**, und zwar der deutschen Büchsenmeister (Abb. 12). Diese Vorfahren der Artilleristen waren Ingenieure, Chemiker und Soldaten in einer Person. Als Ingenieure verstanden sie Geschütz- und Flintenrohre zu gießen, als Chemiker wußten sie um die Geheimnisse der Herstellung von Pulver und der Gewinnung der dazu nötigen Stoffe, als Soldaten brachten sie im Kriege ihre Geschütze in Stellung und bedienten sie. Sie waren keine eigentlichen freien Handwerker, sondern wurden einer Stadt oder einem Fürsten auf bestimmte Zeit gegen Gehalt und Vergütung für besondere Leistungen verpflichtet; gefiel es ihnen in ihrer Stellung nicht mehr, so zogen sie weiter, nach einem anderen Ort in Deutschland oder in die Dienste eines ausländischen Brotgebers. Ihre soziale Stellung war geachtet; man verlangte von einem Büchsenmeister nicht nur Können und Wissen, sondern auch Bil-



Abb. 12. Ein deutscher Büchsenmeister mit seinem Gehilfen. (Aus einem handschriftlichen Feuerwerksbuch von 1559)

dung, Fleiß, Gottesfurcht und — Nüchternheit, denn — so hieß es — „wenn er mit dem Pulver umgeht, so hat er seinen größten Feind unter den Händen". Trotzdem waren die Büchsenmeister im Heere nicht besonders beliebt. Der Soldat vom alten Schlag empfand sie als störendes Element, ihm behagte nicht das von Geheimnis und Magie umwitterte neue Kampfmittel, das so viel wirksamer war als die alten Waffen. Man half dem Büchsenmeister und seinen Gesellen nicht oder nur ungern bei seiner Arbeit; nichts kennzeichnet mehr die Abneigung gegen die Angehörigen dieser Zunft als die Tatsache, daß sie als Sondervorrecht forderten, bei Vergehen irgendwelcher Art nur vom Zeugmeister gestraft zu werden und nicht von dem für die anderen Waffengattungen zuständigen Profoß, bei dem sie wohl die allgemeine Voreingenommenheit voraussetzten.

Die Büchsenmeister gingen oft aus dem Stande der Glockengießer hervor, ebenso wie auch die Glockengießer sich vielfach mit dem Gießen von Geschützrohren befaßten. Allmählich spezialisierten sie sich und überließen die Anfertigung der Büchsenrohre, Mörser und Lafetten den „Büchsengießern" und die Gewinnung der Materialien für das Schießpulver sowie die Herstellung des Pulvers selbst den „Salpetersiedern" und „Pulvermachern". Noch später, im 17. Jahrhundert, entstand als neuer Beruf derjenige der „Feuerwerker".

Die Büchsenmeister hüteten ihre Berufsgeheimnisse sorgfältig und gaben ihre Erfahrungen nur im eigenen Kreis, vom Meister zum Gesellen, weiter. Diese wohl schon früh schriftlich niedergelegten Kenntnisse bildeten den Gegenstand des „Deutschen Feuerwerksbuches", das eine Art Lehrbuch der Büchsenkunde darstellte und in der späteren artilleristischen Literatur, auch des Auslandes, immer wieder abgeschrieben wurde. In seiner frühesten datierten Form liegt es in einem Manuskript der Münchener Staatsbibliothek vom Jahre 1429 vor (weitere mehr oder weniger damit übereinstimmende Handschriften befinden sich in Berlin, Wien und an anderen Orten), gedruckt wurde es erst 1529 in Augsburg. Sein eigentlicher Verfasser ist unbekannt; daß es von einem gewissen Abraham von Memmingen stammt, trifft nicht zu. In zwölf Fragen und Antworten behandelt es zunächst die wichtigsten Erfahrungen über das Schießen mit Steinkugeln, dann folgen Angaben über Sal-

Abb. 13. In Amberg in der Pfalz starb 1501 der Büchsenmeister Martin Mercz, der 1471 eine Bilderhandschrift verfaßte. Sein Grabmal bedeckt diese Grabplatte, die vielleicht das älteste Denkmal eines Technikers und Artilleristen darstellt



peter, Schwefel und Kohle und Vorschriften über die Herstellung von Schießpulver, von Geschossen und Feuerwerkskörpern.

Noch etwas älter ist ein „Kriegsbuch", das der 1366 geborene fränkische Edelmann Konrad Kyeser von Eichstädt in den Jahren 1396—1405 in der Verbannung in Böhmen geschrieben hat. Es ist uns im Original in der Göttinger Universitätsbibliothek erhalten geblieben. Der „Bellifortis" — so nennt es sein Verfasser — ist größtenteils in lateinischen Hexametern geschrieben und mit sehr schönen Abbildungen versehen. Zu den im „Bellifortis" behandelten Gegenständen gehören Kampfwagen, die zum Teil schon mit Geschützen bestückt waren, Belagerungsmaschinen, Pontonbrücken, Schießgeräte, wie Armbrüste, Fußangeln und spanische Reiter, Leuchtmittel, Brandfeuer, Torpedos und andere vorwiegend kriegstechnische Dinge. Wenn auch der Autor vieles aus eigener Kenntnis bringt, so ist er doch, namentlich bei der Beschreibung der Kriegsfeuer, stark durch Marcus Graecus beeinflußt.

Eine dritte interessante Quelle für die Geschichte der ersten Artillerie ist ein etwa um 1400 verfaßtes Büchsenmeister- und Feuerwerkerbuch der Stadt Frankfurt a. M., in dem auf Veranlassung des Rates der Stadt wissenswerte Einzelheiten über Schießpulver, Geschosse sowie alte und neue Belagerungsmaschinen mitgeteilt werden.

Das erste bekannte deutsche Pulverrezept findet sich in einem lateinischen Manuskript der Münchener Staatsbibliothek, dessen Entstehung in die Jahre 1380—1390



Abb. 14. Der fränkische Edelmann Konrad Kyeser schrieb in den Jahren 1396 bis 1405 sein Kriegsbuch „Bellifortis", in dem ganz neuzeitlich anmutende Kriegsgeräte erwähnt werden. (Bild nach einer Malerei in seiner Göttinger Handschrift)

oder in eine noch frühere Zeit gelegt wird. Als Mischungsverhältnis für ein gutes Pulver wird dort angegeben: 4 Teile Salpeter, 1 Teil Schwefel und 1 Teil Kohle. Ähnliche Mischungsverhältnisse finden sich auch in anderen alten Rezepten und Stadtrechnungen. Eigentlich bedeutet diese Dosierung eine Verschlechterung gegenüber dem Pulverrezept von Marcus Graecus (6 : 1 : 2), das der Zusammensetzung eines heutigen Schwarzpulvers (74—75 % Salpeter, 10—12,5 % Schwefel und 12,5—16 % Holzkohle, bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 1—1,5 %) schon ziemlich nahe kommt. Allerdings waren bei den alten Rezepten meist noch gewisse Zusätze, wie Quecksilber, Kampfer oder Salmiak, vorgesehen, die nach den heutigen Erkenntnissen unwirksam sind. Diese Zusätze lassen noch den starken Einfluß einer alchimistischen Tradition erkennen, nach der den genannten Stoffen eine besonders große Flüchtigkeit zukommen sollte.

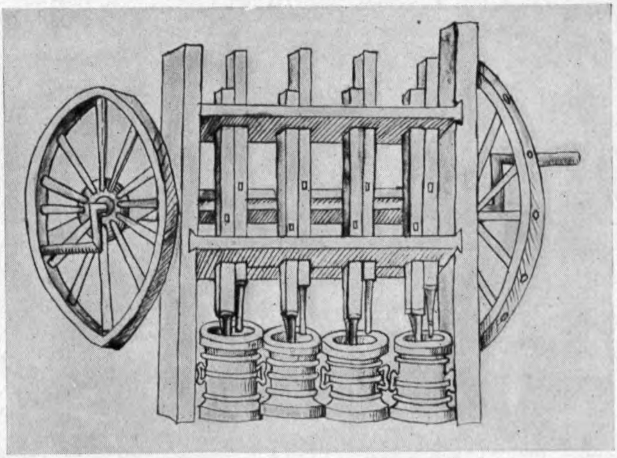
Immerhin machten die alten Büchsenmeister sich schon Gedanken über die Theorie der Treibkraft des Schießpulvers. Im Feuerwerksbuch wird die Frage, ob der Salpeter oder der Schwefel die Kraft liefere, einen Stein fortzuschleudern, dahin beantwortet, daß beide zusammen diese Leistung vollbrächten; und die weitere Frage, ob die Flamme des verbrennenden Pulvers oder der „Dunst" (d.h. das Gas) die Explosionserscheinungen verursache, wird dahin entschieden: „der Tunst hab die krafft". Dieser naive Erklärungsversuch enthält schon den Kern neuzeitlicher Erkenntnisse; man versteht heute unter einer Explosion eine auf dem Ausdehnungsbestreben von Gasen oder Dämpfen beruhende plötzliche Kraftäußerung solcher Stoffe, die unter Wärmeentwicklung eine chemische Umwandlung erfahren. Im Falle des Schwarzpulvers, das ja keine einheitliche chemische Verbindung, sondern ein Gemisch darstellt, spielt der sauerstoffreiche Salpeter insofern die Hauptrolle, als er die Verbrennung des Kohlenstoffs der Holzkohle einleitet und unterhält, wobei als gasförmige Verbrennungsprodukte hauptsächlich Kohlendioxyd und etwas Kohlenoxyd, neben dem aus dem Salpeter stammenden Stickstoff, auftreten. Der Schwefel vermittelt und beschleunigt hierbei die Reaktion zwischen den beteiligten Stoffen, indem er ihre Teilchen infolge seiner leichten Schmelzbarkeit näher zusammenbringt.

Eigentliche „Pulvermühlen" werden in den Städten erst angelegt, seitdem der anfangs geringe Pulver-



**Abb. 15. Eine Pulverstampfe aus dem 15. Jahrhundert. (Das Bild stammt aus dem „Rust und feuerwerck buych", einem in Frankfurt a. M. befindlichen Manuskript aus dem 15. Jahrhundert)**

Abb. 16. Mechanische Stampfe mit Kurbelbetrieb. Die Abbildung findet sich in einem Heidelberger Manuskript (Codex Palatinus Nr. 126) aus dem Jahre 1496 sowie — in einer ähnlichen Darstellung — schon in einer anonymen Handschrift, dem „Buch der stryt und büchssen", um 1430



bedarf sich vergrößert hatte, also erst vom Beginn des 15. Jahrhunderts an; die Angaben, daß Augsburg 1340, Spandau 1344 und Liegnitz 1348 schon Pulvermühlen besaßen, haben sich als unrichtig erwiesen. Der wichtigste Teil dieser Pulvermühlen war die Schießpulver-Stampfe (Abb. 15 u. 16), mit der Salpeter, Schwefel und Kohle „gestoßen" wurden, was nicht so gefährlich war wie das anfangs übliche Zerreiben des Gemisches zwischen zwei Mühlsteinen. Oft wurde auch, wie z. B. in Rothenburg, zuerst ein Teil des Salpeters mit Schwefel und dann der andere Teil mit Kohle verarbeitet, worauf beide Gemische vereinigt wurden. Während Kyeser nur fein gestoßenes „Mehlpulver" kennt, hat der Verfasser des Feuerwerksbuches schon die Vorzüge einer Körnung des Pulvers erkannt, durch die es wirksamer und haltbarer wird. Dies „knollen bulffer" wurde nach der Vorschrift der alten Büchsenmeister so




Abb. 17. Eine Salpeterplantage, um 1574. A ist die „Salpeterhütte" mit den Laugebütten, in denen die Salpetererde aus den Salpeterbeeten C ausgelaugt wurde. Im Raum B wurde die Lauge eingedampft. (Nach einer zeitgenössischen Darstellung von Lazarus Ercker)

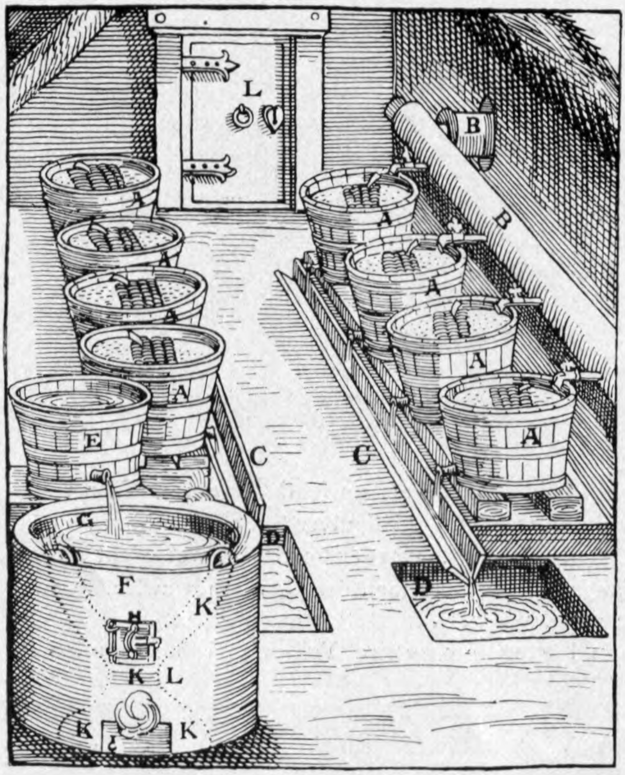



Abb. 18. Eine Salpeterfabrik, um 1574. Die Abbildung, wie die vorhergehende aus einem chemisch-technisch sehr aufschlußreichen Buch von Lazarus Ercker, zeigt das Auslaugen der Salpetererde in Bütten (A) und das Eindampfen der in D und E gesammelten Salpeterlösung in einem Kessel (G), der in einem Ofen (F) erhitzt wird

hergestellt, daß man das Gemisch der Bestandteile in einem Mörser mit Weinessig anfeuchtete, stampfte und in einem Napf „wie ain Käs" ausdrückte; dann ließ man die „Knollen" an der Sonne oder in einer warmen Stube trocknen und bewahrte das Pulver in einem Faß trocken auf.

Ein anderer großer Fortschritt, der bei der Pulverherstellung erzielt wurde, betraf den Salpeter. In der ersten Zeit bezog man ihn aus Venedig, das ihn aus Indien einführte und den Handel damit für sich monopolisierte. Als mit steigendem Pulverbedarf immer größere Salpetermengen gebraucht wurden, sann man auf Mittel und Wege, sich von der Abhängigkeit von Venedig frei zu machen, um so mehr, als der Preis dieses Produktes durch Transportkosten und Zwischenhandel sehr hoch war. Schon im Jahre 1388 findet man in den Rechnungsbüchern der Stadt Frankfurt a. M. eine Eintragung, aus der hervorgeht, daß man dort eine andere Salpeterquelle erschlossen hatte, nämlich „abgekratzten Jauchenstein" („Adensteyn"). Es handelt sich hier um die Gewinnung des sehr unreinen Salpeters, der sich in Form von Ausblühungen an Mauern, in Gruben, Ställen usw. bildet, wenn sich stickstoffhaltige Stoffe, wie Urin, Abfälle von faulendem Fleisch, Blut oder dergleichen an der Luft zersetzen. Der so gebildete Kalksalpeter wurde aus der „Salpetererde" ausgelaugt und in Lösung gebracht und durch Zusatz von Kalisalzen (meist Pottasche) in Kalisalpeter überführt; die Lauge wurde eingedampft, der Salpeter zum Auskristallisieren gebracht und einer nochmaligen Reinigung unterworfen.

Das Abkratzen des Salpeters von den Mauern von Häusern, Ställen usw. war in den meisten europäischen Ländern ein Hoheitsrecht des Regenten, das

Abb. 19. Die Holzkohle für die Schießpulverherstellung wurde lange Zeit in Kesseln durch Verkohlen von Holz gewonnen. (Das Bild stammt aus einem französischen technologischen Werk von Boillot, 1598)



er durch angestellte „Salpeterer" oder „Salpetersieder" ausüben ließ — zum dauernden Ärger der Bevölkerung, die nicht nur dulden mußte, daß man jederzeit ihre Wohn- und Stallgebäude nach Salpeter durchsuchte, sondern die obendrein oft auch noch das zum Salpetersieden nötige Brennholz, die erforderlichen Gefäße und anderen Gerätschaften liefern mußte.

Es lag nahe, die Salpeterbildung an Mauern dadurch zu vermehren, daß man besondere Gruben anlegte, in denen kalkhaltige Erde mit Abfällen aller Art, mit Asche, Stroh, Jauche usw. gemischt und unter guter Durchlüftung häufig mit Jauche oder Urin begossen wurde. So entstanden regelrechte Salpeter-„Plantagen" (Abb. 17 u. 18), in denen man von Zeit zu Zeit den künstlichen Salpeter erntete. Diese Arbeitsweise — ein frühes Beispiel für die künstliche Herstellung eines ausländischen Naturproduktes aus einheimischen Stoffen — gelangte besonders in Frankreich und Schweden zu großer Vollkommenheit und hat sich dort noch bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts gehalten. Für Deutschland bedeutete die Erfindung der Herstellung von Kunstsalpeter die Befreiung vom Handelsmonopol Venedigs. Der Salpeterpreis sank infolgedessen z. B. in Frankfurt a. M. von mehr als 40 Gulden für den Zentner im Jahre 1381 auf 16 Gulden im Jahre 1399 und 10 Gulden im Jahre 1440, und seit 1483 erscheint in Oberitalien sogar schon deutscher Kunstsalpeter auf dem Markt! Im 17. und 18. Jahrhundert verliert der im Lande hergestellte Kunstsalpeter allerdings wieder seine Bedeutung, da die Holländer und Engländer den natürlichen Salpeter in Schiffsladungen billiger aus Indien nach Europa einführten. Und um 1830 erwächst dem indischen Salpeter ein neuer Wettbewerb durch die rasch zunehmende Ausfuhr chilenischen Natronsalpeters, dessen Bedeutung als Düngemittel inzwischen erkannt worden war. Schließlich aber — zu Beginn des 20. Jahrhunderts — ändert sich das Bild von neuem: es beginnt die synthetische Fabrikation von künstlichem Salpeter aus dem Stickstoff der Luft.

Der zweite Bestandteil des Schwarzpulvers, der S c h w e f e l, kam anfangs ausschließlich aus Italien, wurde aber, wie es schon der Joachimsthaler Arzt und Naturforscher Georg Agricola in seinem 1556 erschienenen großen Berg-



Abb. 20. Hier wird die Kohle für das Schießpulver in einem mit Ziegelsteinen ausgekleideten Faß gewonnen. (Aus einer in Wien befindlichen Bilderhandschrift, um 1400)

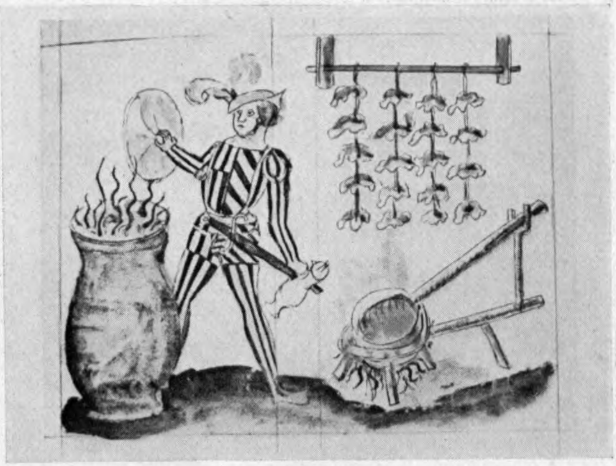
werksbuch „De re metallica" beschreibt, in steigendem Maße aus einheimischen schwefelhaltigen Erzen, aus Alaunschiefer usw. durch Abrösten gewonnen. In Kriegszeiten war natürlich die Nachfrage nach diesem Stoff besonders groß. So lesen wir z. B. in alten Innsbrucker Akten, die sich auf die Schwefelgewinnung des Alchimisten Leonhardt Thurneysser in Tirol in den sechziger Jahren des 16. Jahrhunderts beziehen, daß die dortige Regierung zur Beschlagnahme der gesamten Vorräte der Schwefelhütte am Berge Tschirgant schritt, da „die römisch-kaiserliche Majestät zu ihrer Kriegsexpedition wider den gewaltigen Erbfeind der Christenheit, den Türken, eine Anzahl Centner Schwefel zu haben bedürftig sei".

Die Holzkohle, der dritte Hauptbestandteil des Pulvers, mußte porös und leicht entzündlich sein, rasch verbrennen und möglichst wenig Asche geben. Als Ausgangsmaterial waren besonders Linden-, Erlen-, Weiden- und Faulbaumholz beliebt. Man verkohlte das Holz zwar anfangs nach dem alten Meilerverfahren, zog aber schon früh die Verkohlung in Kesseln, irdenen Töpfen oder Öfen vor (Abb. 19 u. 20). Die Holzkohle wurde mit Wasser oder auch mit Wein abgelöscht (Abb. 21 u. 22). Zu Anfang des 19. Jahrhunderts kamen die leistungsfähigeren eisernen Verkohlungsretorten auf.



Abb. 21. Nach dem Aufheben des Deckels des Verkohlungsgefäßes wird die heiße Holzkohle mit einer Flüssigkeit aus einem Krug abgelöscht. (Das Bild stammt aus derselben Bilderhandschrift wie das Bild oben)

Abb. 22. Eine andere alte Darstellung des Löschens der Holzkohle. Die rechts hängenden Buchenschwämme dienen nach dem Trocknen zur Zunderherstellung



Ungefähr sechs Jahrhunderte hat das Schwarzpulver seine Stellung als Explosivstoff behauptet. In dieser Zeit erfuhr seine Herstellung — abgesehen von der Einführung der Körnung und von der Verbesserung der Salpetergewinnung — keine umwälzende Änderung mehr. Man hatte zwar die Dosierung seiner Bestandteile und die Körnung den verschiedenen Verwendungszwecken entsprechend angepaßt, man hatte die Verfahren der Holzkohle- und Salpetergewinnung verfeinert und verbesserte Apparate für den mechanischen Teil der Fabrikation eingeführt — aber dies alles waren keine grundlegenden Wandlungen gewesen. Erst in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts bahnte sich wieder ein bedeutsamer Fortschritt an, der dem Wunsche entsprang, den Geschossen eine größere Durchschlagskraft und eine erhöhte Anfangsgeschwindigkeit zu verleihen. Durch eine einfache Vermehrung der Geschoßladung ließ sich dieses Ziel nicht erreichen, da dann der Gasdruck unzulässig erhöht wurde. Um diesen Nachteil zu vermeiden, versuchte man die Verbrennungsgeschwindigkeit des Pulvers durch eine stärkere Pressung und durch eine Vergrößerung des Pulverkorns zu beeinflussen. Im nordamerikanischen Bürgerkrieg tauchten zum erstenmal derartig stark verdichtete „prismatische Pulver" auf (Abb. 23), deren Körper einen sechseckigen Querschnitt hatte und mit Durchbohrungen versehen war, damit nicht Teile der Ladung unverbrannt mit dem Geschoß herausgeschleudert wurden. Solche Pulver brannten schichtweise ab, ihre Wirkung war progressiv, d. h. sie entfaltete sich in allmählicher Steigerung, während das Geschoß sich noch im Rohr befand.

Auch in Deutschland wurde dieser Weg beschritten. In Gemeinschaft mit Krupp wurden in den Pulverfabriken von Hamm und von Rottweil (Abb. 24) sowie in Düneberg, wo die Rottweiler Fabrik 1877 eine neue Fabrik baute, für schwere Ge-

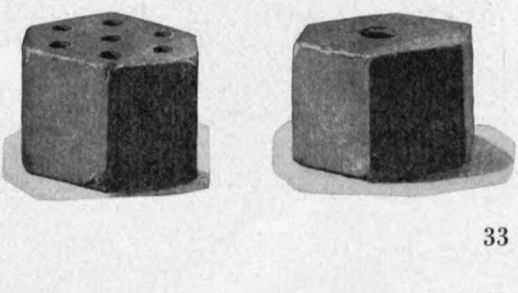


Abb. 23. Prismatisches Pulver, das in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts aufkam

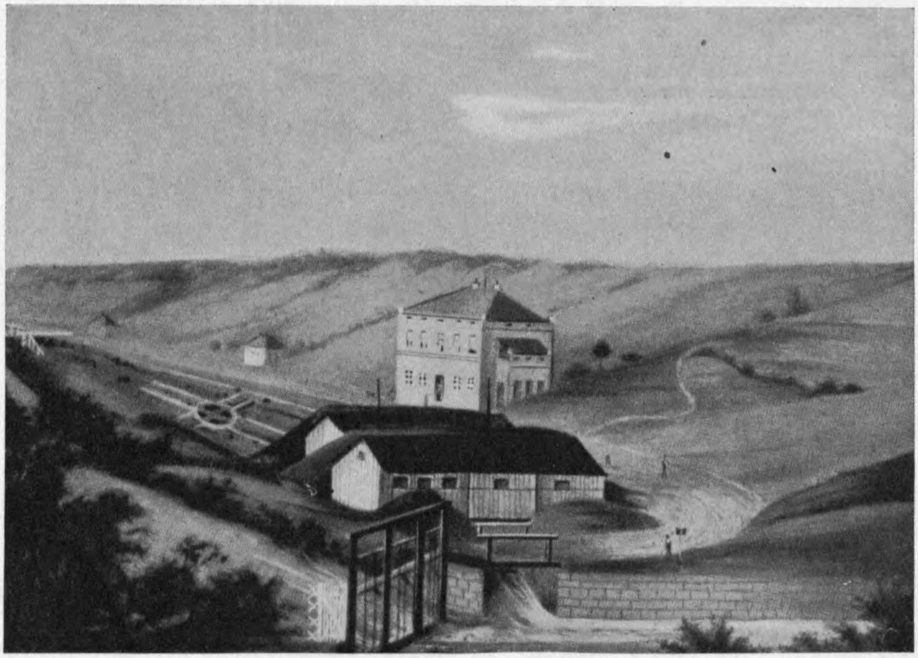


Abb. 24. Die Pulvermühle in Rottweil, um 1860. In Rottweil wurde ein Schießpulver erzeugt, das den Höhepunkt in der Entwicklung des alten Schwarzpulvers bezeichnete; hier vollzog sich auch der fabrikatorische Übergang zum rauchlosen Pulver. (Aus Otto Schmid, „Vom braunen Pulver zum R.C.P.“, I.G. Farbenindustrie A.G., 1939)

schütze prismatische Pulver für Heer und Marine fabriziert, von denen sich besonders die Sorte C 82 bewährte, die aus 79 % Salpeter, 3 % Schwefel und 18 % einer „rotgebrannten“, d. h. nicht vollständig durchgekohlten Holzkohle bestand. Dies Pulver übertraf alle seine Vorgänger, es war ebenso als Sprengpulver für die Füllung von Granaten wie als Treibmittel für schwerste Geschütze zu gebrauchen, gab wegen seines geringen Schwefelgehaltes weniger Rauch und führte vor allem zu einem niedrigeren Gasdruck, so daß es eine beträchtliche Erhöhung der Ladung und damit eine bis dahin noch nie erreichte Geschoßgeschwindigkeit ermöglichte.



Abb. 25. Max von Duttenhofer, ein erfolgreicher Schießpulvertechniker. (Aus Otto Schmid, „50 Jahre Köln-Rottweil“. I.G. Farbenindustrie A.G.)

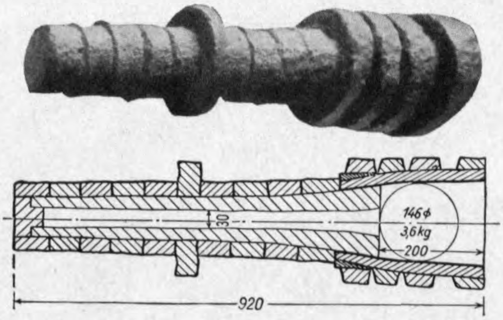



Abb. 26. Eine mittelalterliche Steinbüchse aus Schmiedeeisen, die während des Krieges 1914 bis 1918 in einem Schützengraben bei Durazzo an der Adria ausgegraben wurde

Mit dem Pulver C 82, um dessen Herstellung sich Max Duttenhofer (Abb. 25) besondere Verdienste erworben hat, hatte die Entwicklung des Schwarzpulvers ihre höchste Stufe erreicht. Inzwischen waren neue Sprengstoffe aufgetaucht, die dem Schwarzpulver in vieler Hinsicht bedeutend überlegen waren. Es hatte zwar Jahrzehnte gedauert, bis man sie bändigen und praktisch nutzbar machen konnte; aber nun war dies so weit gelungen, daß das ehrwürdige Schwarzpulver als Geschoßtreibmittel — ausgenommen für Jagdpatronen — aufgegeben wurde. Immerhin spielt es noch heute in der Sprengtechnik sowie für gewisse militärische Sonderzwecke, wie z. B. für Minen, eine nicht unwichtige Rolle.

Bevor wir die Geschichte des Schwarzpulvers verlassen, sei noch ein kurzer Rückblick auf die Entwicklung der Feuerwaffen in dieser Epoche geworfen. Man nimmt meistens an, daß die ersten Pulverwaffen verhältnismäßig kurz geschmiedete Rohre waren, die mit Ringen verstärkt wurden. Die Geschosse waren anfangs Pfeile, dann Bleikugeln. Bald darauf, wenn nicht gleichzeitig, tauchten im 14. Jahrhundert die ersten „Steinbüchsen" auf, deren Zweck zuerst ausschließlich die Zerstörung von Verteidigungsanlagen war. Die Steinbüchsen (Abb. 26) waren Vorderlader, aus denen Steinkugeln geschossen wurden. Die Kugel wurde vorn in das Rohr — den „Flug" — hineingebracht und durch Holzkeile, Tücher, Heu oder dergleichen „verschoppt", d. h. festgelegt und abgedichtet. Der Flug ging hinten in scharfem Absatz in eine rohrförmige Pulverkammer von kleinerem Durchmesser über, die vor dem Einbringen der Kugel durch einen Holzpflock abgeschlossen wurde. Nach der durch ein Zündloch in der Kammer bewirkten Zündung der Pulverladung trieben die Pulvergase zunächst den Pflock aus der Kammermündung und dann Pflock und Kugel aus dem Rohr.

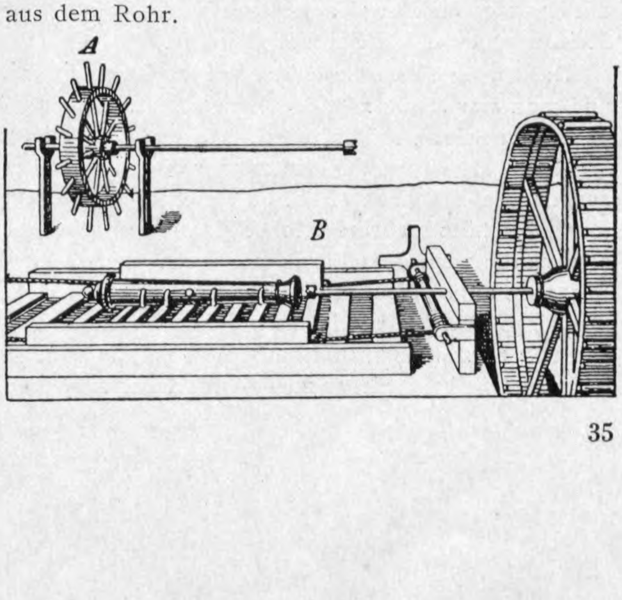



Abb. 27. Geschützbohrmaschine nach Biringuccio (um 1540). Sie diente zum Ausbohren, d. h. Glätten und Nacharbeiten des schon hohl gegossenen Rohres durch einen Stahlbohrer (B), der mittels eines Tretrades in Bewegung gesetzt wurde. Das Rohr war auf einer schlittenartigen Unterlage befestigt und konnte mittels eines Haspels (A) mit Seilen dem Bohrer genähert oder von ihm entfernt werden

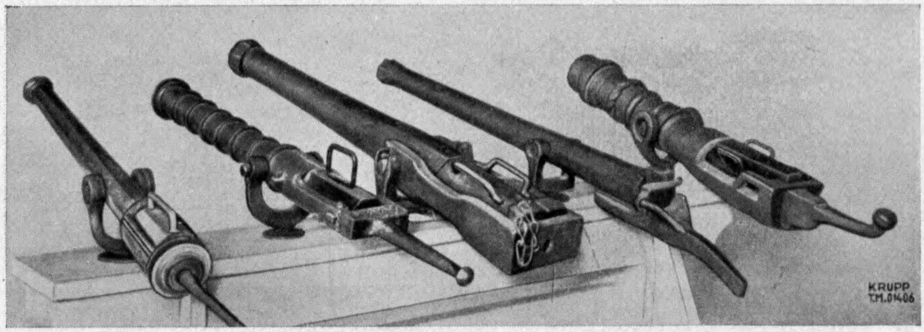



Abb. 28. Hinterlader („Vögler"), eine Geschützform, die noch bis zum vorigen Jahrhundert in Benutzung war. Das Pulver befand sich hinten in einer Kammer, das Zündloch lag am Ausgang der Kammer nach dem langen Rohr hin, das man in Italien „Bombarde", in Deutschland „Bumhard" nannte. (Aus „Technik-Geschichte", Band 27, 1938. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin)

Die Rohre der alten Steinbüchsen waren kunstvoll aus eisernen Teilstücken — Stäben oder Platten und Ringen — zusammengeschmiedet und geschweißt, ähnlich wie man ein Holzfaß aus Dauben und Reifen aufbaut, — eine erstaunliche Leistung der damaligen primitiven Eisentechnik, zumal wenn man die Schwierigkeit der Verbindung des Rohres mit der meist massiv geschmiedeten Pulverkammer bedenkt. Die „Seele" des Geschützes wurde meist mit einer Bohrmaschine glatt ausgebohrt (Abb. 27). Aus einem massiven Zylinder ausgebohrte Rohre fertigte erst 1720 ein Kasseler Geschützgießer an.

Es gab Steinbüchsen von einem „Kaliber" (das Wort stammt vom arabischen „kalib" = Modell) von 80 bis 800 mm. Diese alten Geschütze waren also z. T. schon ziemliche Ungetüme. So ist z. B. die „Faule Magd" im Historischen Museum in Dresden 2,35 m lang und wiegt 1320 kg, die „Tolle Grete" von Gent wiegt 1640 kg, die „Faule Grete", die sich Burggraf Friedrich I. von Hohenzollern 1412 vom Deutschen Orden zur Bekämpfung der Burgen der widerspenstigen brandenburgischen Junker auslieh, wog 4600 kg, und ein Riesenmörser im Wiener Heeresmuseum, der aus Steyr stammen soll, hat ein Kaliber von 880 mm und eine Länge von 2,50 m. Die Frankfurter Steinbüchse, mit der 1399 die Burg Tannenberg an der Bergstraße zerstört wurde, verschoß Steinkugeln von 8¼ Zentner Gewicht.

Das Laden dieser Geschütze war natürlich eine ziemlich langwierige Sache, und man war schon zufrieden, wenn man aus einer solchen Steinbüchse täglich einen Schuß, später stündlich einen Schuß, abgeben konnte. Im 15. Jahrhundert wurden deshalb Hinterlader mit abnehmbarer Pulverkammer gebaut, sogenannte „Vögler" (Abb. 28), die rascher feuern konnten, weil man für jedes Geschütz mehrere solcher Kammern geladen mitführte. Die lose Kammer wurde nach dem Laden des Rohrs mittels eines Zapfens an das hintere Flugende angesetzt und durch einen Bügel beim Schuß festgehalten. Es war allerdings sehr schwierig, zwischen Flug und Kammer eine gasdichte Verbindung herzustellen, und hauptsächlich aus diesem Grunde kehrte man verhältnismäßig bald wieder zum Vorderlader zurück, der noch bis ins 19. Jahr-

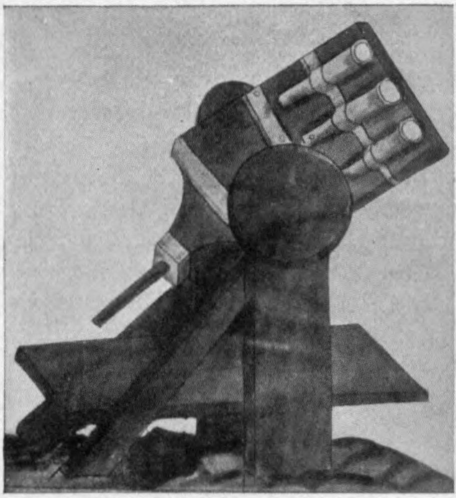


Abb. 29. Orgelgeschütz mit drei Rohren, nach Kyeser (um 1405). Es führte den schaurigen Namen „Totenorgel“

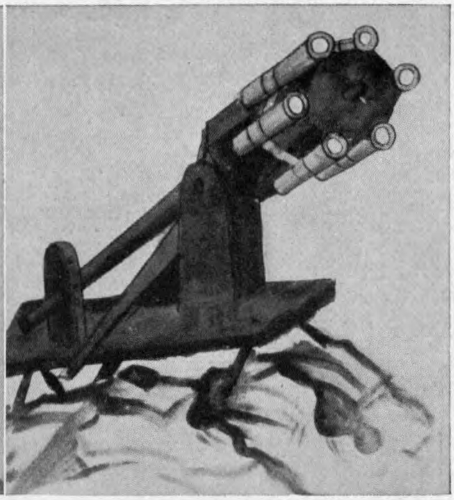


Abb. 30. Von Kyeser entworfenes Revolvergeschütz mit sechs Rohren, die um einen drehbaren Zylinder angeordnet waren

hundert — noch 1866 hatten die Österreicher Vorderlader — beibehalten wurde.

Um das Ende des 15. Jahrhunderts begann die Verdrängung des geschmiedeten Geschützrohrs durch das aus Eisen gegossene. Diese neue Technik dürfte zuerst in der Rheingegend aufgekommen sein, nachdem schon vorher — in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts — Büchsenrohre kleineren Kalibers aus Gußeisen und auch Rohre größeren Kalibers aus Bronze hergestellt worden waren. Geschütze mit mehreren Rohren (Orgelgeschütze, auch Totenorgeln genannt) und solche mit mehreren, um eine gemeinsame Längsachse rotierenden Läufen (Revolvergeschütze) beschreibt schon Kyeser (Abb. 29 u. 30). Karl der Kühne von Burgund (1433—1477) und Kaiser Maximilian I. (1459—1519) benutzten Totenorgeln mit 25 bis 40 Rohren; Leonardo da Vinci entwarf ein Revolvergeschütz mit 64 Rohren. „Züge“ in Gewehren sind etwa seit 1500 bekannt, ein Geschütz mit gezogenem Rohr wurde 1691 in München gegossen.

Das erste Geschützrohr aus Gußstahl wurde 1847 von Alfred Krupp fabriziert; es war allerdings nur dünnwandig und hatte deshalb einen starken gußeisernen Mantel. 1854 gelang Krupp die Herstellung ganzer Geschütze aus Gußstahl. Als infolge der Einführung gehärteter Nickelstahlpanzer für Kriegsschiffe längere und festere Geschützrohre erforderlich wurden und entsprechende Gußstahlblöcke nicht herstellbar waren, ging man, zuerst in England, zur Herstellung von sogenannten Drahtgeschützrohren über, bei denen ein dünnwandiges Kernrohr aus Gußstahl mit einer Stahldrahtumwicklung verstärkt wurde. Diese Geschütze bewährten sich aber nicht, so daß man allmählich in allen Ländern auf eine schon früher von William Armstrong erfun-

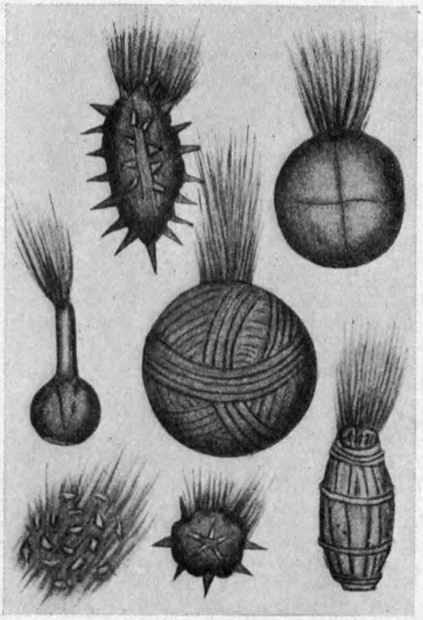


Abb. 31. Sprenggeschosse nach Kyeser (um 1405). Ihre äußere Hülle bestand aus Sackleinen, die Pulverladung war durch Imprägnieren mit Bernsteinfirnis gehärtet

dene Konstruktion zurückging, bei der auf ein Seelenrohr aus Stahl Ringe aus demselben Material „aufgeschrumpft" waren. Damit war die Grundlage zur Entwicklung der modernen Geschütze gelegt, an die seit der Ablösung des Schwarzpulvers durch wirksamere Explosivstoffe größere Ansprüche gestellt werden mußten.

Die eisernen Geschosse der Geschütze, die anfangs roh geschmiedet, oft mit Blei umgossen, später als vollkommen rund geschmiedete Vollkugeln geschmiedet waren, wurden etwa seit der Zeit, in der man Geschützrohre aus Eisenguß herstellte, ebenfalls gegossen. Längliche Geschosse sind angeblich zuerst bei der Belagerung von La Rochelle im Jahre 1627 an Stelle von Rundgeschossen verwendet worden, erlangten aber erst nach der Einführung der gezogenen Feuerwaffen Bedeutung. Hohlgeschosse mit Sprengladung hat schon Kyeser beschrieben (Abb. 31); diese Vorläufer der Bomben und Granaten hatten allerdings noch keine widerstandsfähige Schale, sondern enthielten eine — durch Anfeuchten mit Weingeist in zusammenbackende Form gebrachte — Pulverladung, die eine sackähnliche Umhüllung besaß. Die mit Pulver gefüllte und mit Zünder versehene, bei der Explosion in kleine Stücke zerspringende eiserne Granate wurde anfangs nur als Handbombe geworfen. Erst in den niederländischen Kriegen der Spanier soll sie in größerem Umfang als Geschoß für Feldgeschütze benutzt worden sein. Das Schrapnell, das außer der Sprengladung und dem Zünder noch kleine Kugeln enthielt, wurde 1803 von dem englischen Oberst Shrapnel erfunden.

IV.

## AUF DER SUCHE NACH NEUEN EXPLOSIVSTOFFEN

In all den Jahrhunderten, die der Einführung der modernen Explosivstoffe vorausgingen, hat man nicht etwa darauf verzichtet, an Stelle des Schwarzpulvers wirkungsvollere Schieß- und Sprengpräparate zu erfinden. Schon die alten Büchsenmeister waren nahe daran, ihrer Kunst neue Wege zu erschließen; aber infolge ihrer mangelhaften Kenntnisse auf dem Gebiet der Chemie blieb ihnen ein voller Erfolg versagt. „Um mit Wasser zu schießen", empfahlen sie im Feuerwerksbuch folgendes Rezept, das nichts weniger als die Herstellung eines Nitrosprengstoffs beschreibt: Nimm Salpeter und destilliere ihn zu Wasser, und den Schwefel zu Öl, und Salarmoniac auch zu Wasser, und nimm Oleum benedictum auch dazu; und nimm 6 Teile Salpeterwasser und 2 Teile Schwefelwasser und 3 Teile Salarmoniac und 2 Teile Oleum benedictum; lade dann die Büchse fest mit Klötzen und Steinen, gieße das Wasser hinein, zünde es rasch an und — mache dich davon . . . Übersetzt man diese Vorschrift in die Sprache der Chemie von heute, so würde man sich etwa so ausdrücken: man stelle aus Salpeter und Schwefel unter Zusatz von Salmiak durch Erhitzen oder Destillation Salpetersäure, Schwefelsäure und Salzsäure her und behandle ein aus Baumöl oder einem anderen Öl durch Destillation über glühenden Ziegelsteinen erhaltenes Teeröl mit dem so erhaltenen Säuregemisch. Indem man also eine Art Teeröl mit Salpetersäure und Schwefelsäure unter Zusatz von Salzsäure nitrierte und chlorierte, erhielt man ein ähnliches Produkt, wie es im Jahre 1886 in einem deutschen Reichspatent beschrieben wurde! Diese ihrer Zeit weit vorauseilende, wenn auch primitive Anregung blieb aber unbeachtet und konnte erst verwirklicht werden, als sich aus der Alchimie die moderne chemische Wissenschaft und Technik entwickelt hatte.

In die Alchimistenzeit fallen auch noch andere, dem Zufall zu verdankende Entdeckungen explosibler Stoffe. In den Schriften des legendären Mönches Basilius Valentinus, deren Entstehung man jetzt in die zweite Hälfte des 16. Jahrhunderts verlegt, wird schon die Darstellung des hochexplosiven Knallgoldes durch Behandeln von Gold mit Salmiak enthaltender Salpetersäure und Alkali beschrieben. Rudolph Glauber, der wegen seiner Bemühungen, chemische Erfahrungen durch praktische Anwendungen allgemein nutzbar zu machen, schon den Namen eines „angewandten Chemikers" verdient, schrieb zwar 1652 — wie manche seiner Zeitgenossen — „von der schädlichen Komposition und teufellischem Mißbrauch des Büchsen-Pulvers", hatte aber trotzdem eine Vorliebe für alle knallenden Stoffe. Er verbesserte die Herstellung des Knallgoldes, entdeckte das Ammoniumnitrat und seine Eigenschaft, beim Erhitzen zu verpuffen, erfand ein aus Pottasche, Schwefel und Salpeter bestehendes „Knallpulver", gab eine Vorschrift für die Darstellung von pikrinsaurem Kalium (das er allerdings nur in alkoholischer Lösung

als schweiß- und harntreibendes Mittel verwenden wollte) und kannte vermutlich auch schon die Bildung von Kaliumchlorat, die er aber als Salpeterbildung auffaßte — alles Entdeckungen, die erst viel später von den Sprengstoffchemikern nutzbar gemacht wurden. Schließlich ist hier noch aus der alchimistischen Zeit Johann Kunckel zu nennen, der von 1679—1680 im Dienste des Großen Kurfürsten stand und in seinem Laboratorium auf der Pfaueninsel bei Potsdam Rubingläser herstellte. Er kannte wahrscheinlich schon das Knallsilber und beschrieb ferner in seinem um 1690 verfaßten Buch „Laboratorium Chymicum" die Entstehung von Knallquecksilber und seine „unter Donnerknall" in der Wärme erfolgende Detonation. Erst im Jahre 1800 wurde diese Substanz von dem Engländer Edward Howard wieder entdeckt und in reinerer Form hergestellt.

Die eigentliche Darstellung des Knallsilbers gelang 1788 dem französischen Chemiker Claude Louis Berthollet, der in der Geschichte der Sprengstoffe noch weiter zu erwähnen sein wird. Mit diesem interessanten Salz experimentierte etwa drei Jahrzehnte später der junge Apothekerlehrling Justus Liebig in der Apotheke in Heppenheim, mit dem allerdings nicht beabsichtigten vorläufigen Ergebnis, daß seine pharmazeutische Laufbahn infolge einer Explosion der gefährlichen Substanz ein vorzeitiges Ende nahm. Liebig blieb aber der einmal gefaßten Liebe treu und überraschte 1824 die chemische Welt mit der Veröffentlichung einer gemeinsam mit Gay-Lussac unternommenen Arbeit, in der die Zusammensetzung des Knallsilbers aufgeklärt wurde.

Beim Einleiten von Chlor in heiße, konzentrierte Kalilauge erhielt Berthollet neben Kaliumchlorid 1786 das chlorsaure Kalium oder Kaliumchlorat, das wahrscheinlich auch schon der alte Glauber unter den Händen gehabt, aber für Salpeter gehalten hatte. Es fand seine erste praktische Anwendung zur Fabrikation von Tunkfeuerzeugen, da es sich im Gemisch mit brennbaren Stoffen unter der Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure entzündet. Berthollet hatte auch schon durch Laboratoriumsversuche festgestellt, daß man beim Mischen von Kaliumchlorat mit Schwefel und gepulverter Kohle ein sehr wirksames schießpulverähnliches Gemisch erhält. Als man diese Versuche in der Pulverfabrik von Essonne ins Große übertragen wollte, erfolgte am 27. Oktober 1788 beim Stampfen der Mischung eine furchtbare Explosion; zwei Anwesende wurden schrecklich verstümmelt, und nur durch einen glücklichen Zufall entgingen die berühmten Chemiker Berthollet und Lavoisier, die gleichfalls zugegen waren, dem Tode. Obwohl sich Berthollet durch diese Katastrophe nicht abschrecken ließ, weitere Versuche mit dem gefährlichen Stoff zu unternehmen, und obwohl man während der Französischen Revolution dringend einen Ersatz für Salpeter brauchte, blieben alle diese Bemühungen zunächst erfolglos.

Woher kommt es, daß höchstexplosible Stoffe, wie die Salze der Knallsäure — Knallgold, Knallsilber und Knallquecksilber —, nicht ohne weiteres zum Schießen benutzt werden können? Während das Schwarzpulver verhältnismäßig langsam abbrennt, setzt sich bei den genannten „brisanten" Explosiv-

Abb. 32. Die französischen Chemiker Berthollet und Lavoisier, die im Jahre 1788 bei der Explosion von Chloratpulver nur durch einen Zufall dem Tode entgingen. (Nach Guttmann, „Monumenta Pulveris Pyrii")



stoffen die Explosion mit viel größerer Geschwindigkeit fort. Während also Schwarzpulverladungen dem Geschoß Zeit lassen, seine Trägheit zu überwinden und es gewissermaßen aus dem Lauf herausschieben, erfolgt die Explosion bei den brisanten Stoffen so rasch, daß sie den Lauf schon zertrümmert, bevor das Geschoß überhaupt merklich vorgetrieben wird. Diese Brisanz mancher Explosivstoffe hat, wie wir noch sehen werden, den Schießtechnikern große Schwierigkeiten bereitet; sie hat andererseits zu der Möglichkeit geführt, trägere Explosivstoffe durch die Detonation geringer Mengen hochbrisanter Stoffe zur Explosion zu bringen. Seit der Auffindung von neuen Explosivstoffen von besonders heftiger Kraftentfaltung prägt sich allmählich auch immer mehr eine Scheidung der Explosivstoffe in Schießstoffe und Sprengstoffe aus. Während man mit dem Schwarzpulver noch schoß und sprengte, tauchen nun immer mehr neue Explosivstoffe auf, die sich vorzugsweise für die Sprengtechnik eignen, dagegen nicht ohne weiteres zum Forttreiben von Geschossen benutzt werden können.

Noch ein anderer Gesichtspunkt kennzeichnet die neuere Entwicklung der Explosivstoffe: die Rauchfrage. Beim Schießen mit Schwarzpulver entsteht vor der Laufmündung eine dichte, mehr oder weniger lang anhaltende Rauchwolke. Sie wird durch staubfeine Teilchen von festen Verbrennungsprodukten des Pulvers, wahrscheinlich auch von Schwefelteilchen, hervorgerufen, die sich in den Verbrennungsgasen schwebend erhalten. Der Pulverrauch ist natürlich sehr lästig, da er die Stellung des Geschützes verrät und dem Schützen die freie Sicht nimmt. Übelstand wurde nach der Einführung immer größerer Mengen von Geschützen so unangenehm empfunden, daß z. B. noch Macchiavelli in seinem Buch von der Kriegskunst die Artillerie in der Feldschlacht überhaupt nicht oder höchstens „aus Prestigegründen" verwendet wissen wollte, im letzteren Falle jedoch nur an den Flügeln eines Heeres, „damit der Rauch wenigstens das Zentrum der Schlachtordnung nicht verhüllt". Man versuchte die Rauchentwicklung zunächst durch Herabsetzung des Schwefelgehaltes im Schießpulver zu vermindern; 1756 wurden in Frankreich von Le Blond sogar Pulver ohne Schwefel hergestellt. Aber verschiedene

Nachteile derartiger Pulver — schwere Körnbarkeit, schwierige Entzündung und zu langsames Abbrennen — bewirkten, daß man doch wieder zu der alten Zusammensetzung des Pulvers zurückkehrte. Erst mit dem schon erwähnten Rottweiler C 82-Geschützpulver brachte man bei guten ballistischen Leistungen eine gewisse Rauchverminderung zustande. Ähnliche Ergebnisse erzielte man auch mit einem in den achtziger Jahren von den Rheinisch-Westfälischen Pulverfabriken erzeugten Pulver C 86, das außer 48 Teilen Salpeter und 14 Teilen Kohle 38 Teile Ammoniumnitrat enthielt, aber wegen seiner starken Hygroskopizität bald wieder verlassen werden mußte.

Inzwischen war, vorüber im folgenden Abschnitt berichtet werden soll, in der Schießbaumwolle ein höchst wirksamer neuer Sprengstoff gefunden worden, der fast ohne Rauchentwicklung explodierte. An verschiedenen Stellen — in Deutschland, Österreich, England und Frankreich — war man eifrig bemüht, das neue rauchlose Pulver militärischen Zwecken dienstbar zu machen. Als Wegbereiter dieser Bestrebungen muß der preußische Artilleriehauptmann Eduard Schultze bezeichnet werden, der um 1864 ein Pulver aus nitrierter Holzzellulose und Salpeter herstellte. Schultze ging von Holz in Form von dünnen Blättchen aus, das nach der Ausstanzung zu Körnern mit Sodalösung gekocht, ausgewaschen, getrocknet, mit Chlor behandelt und dann mit einem Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure „nitriert" wurde; das ausgewaschene und wieder getrocknete körnige Nitrierungsprodukt wurde dann mit einer Salpeterlösung imprägniert. Das Schultze-Pulver erwies sich wegen seiner immer noch zu großen Brisanz und aus anderen Gründen als unverwendbar für militärische Zwecke, fand aber als Jagdpulver bald erhebliche Verwendung. Es wurde später noch von Schultze weiter verbessert, indem es mit Zusätzen von nitrierten Harzprodukten gemischt und schließlich auch mehr oder weniger oberflächlich mit Lösungsmitteln für Nitrozellulose gelatiniert wurde.

Die Gelatinierung war schon bald nach der Entdeckung der Schießbaumwolle angeregt worden. Volkmann in Wien behandelte sein nitriertes Holz („Nitroxylin") in den siebziger Jahren mit einem Gemisch von Äther und Alkohol, Max von Förster bzw. die Schießwollfabrik Wolff & Co. in Walsrode wandte Essigäther (Äthylazetat) an, Reid und Johnson überzogen die Körner ihres E.C.-Jagdpulvers mit einer Kollodiumlösung und durchtränkten dies Pulver später vollständig mit Äther. Erst Max von Duttenhofer in Rottweil gelang die Herstellung eines brauchbaren Nitrozellulose-Militärpulvers. Er entwickelte aus seinem schon erwähnten C 82-Pulver ein aus schwach verkohltem Faulbaumholz durch Nitrierung hergestelltes Nitrozellulosepulver, das durch Gelatinierung mit Essigäther in eine plastische Masse übergeführt wurde und durch weitere Behandlung und Trocknung ein Pulver von gewünschter Körnung ergab. Dies R.C.P.-Pulver (Rottweiler Chemisches Pulver), das 1884 der Militärbehörde übergeben wurde, erregte die größte Aufmerksamkeit, da die Schießversuche seine klare Überlegenheit gegenüber dem Schwarzpulver ergaben: es hatte eine geringe Rauchentwicklung, verschmutzte

die Gewehre weniger und gestattete die schon lange erstrebte Verkleinerung und Erleichterung der Patrone.

Damit schien das alte Schwarzpulver seine militärische Bedeutung endgültig verloren zu haben. Aber mittlerweile hatte man gelernt, die aus Baumwolle hergestellte Nitrozellulose zu bändigen. So blieb denn auch das R.C.P.-Pulver, bei dessen Herstellung noch das Holz als Ausgangstoff an das Schwarzpulver erinnerte, eine Zwischenlösung, und bald darauf trat die Schießbaumwolle ihren Siegeszug an.

## V

## SCHÖNBEIN UND DIE SCHIESSBAUMWOLLE

Am 18. Oktober 1799 kam in Metzingen, einem kleinen württembergischen Ort, Christian Friedrich Schönbein zur Welt. Sein Vater, der nach mehrmaligem Berufswechsel Postbeamter geworden war und in bescheidenen Verhältnissen lebte, gab den kaum vierzehnjährigen Sohn in eine kleine chemische Fabrik in Böblingen in die Lehre. Hier erwachte in dem jungen Lehrling der Wunsch, ein richtiger Chemiker zu werden. Mit eisernem Fleiß erwarb er sich dort und später in der Fabrik chemischer Produkte von J. G. Dingler, dem Herausgeber des bekannten „Polytechnischen Journals", die ersten Grundlagen seiner chemischen Bildung, die er dann in Erlangen und Tübingen weiter ergänzte. Nach mehrjähriger Tätigkeit als Lehrer an der Fröbelschen Waldschule und als Privatlehrer in London, an die sich ein kurzer Besuch in Paris und ein nochmaliger Besuch in London anschloß, wurde er an die Universität Basel berufen, wo er als Lehrer und Forscher von 1835 bis 1868 wirkte und sich zuerst durch die Entdeckung des Ozons einen Namen machte.

Dem Forscher Schönbein war eine gewisse naturphilosophische Denkweise eigen, die Nachwirkung einer in Erlangen zustandegekommenen freundschaftlichen Bekanntschaft mit dem Philosophen Schelling. Dieser spekulative Zug seiner Veranlagung, die im Gegensatz zu der rationalen Denkweise Liebigs stand (beide Chemiker waren gleichzeitig in Erlangen ge-

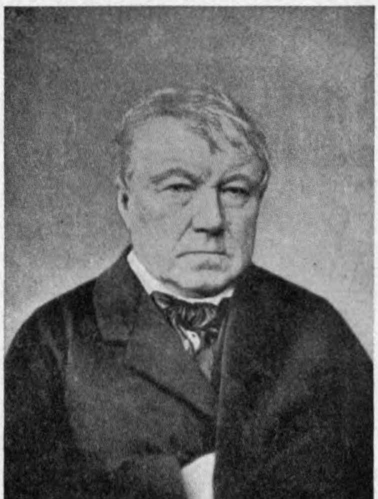


Abb. 33. Christian Friedrich Schönbein, der Entdecker der Schießbaumwolle

wesen, lernten sich aber erst viel später persönlich kennen), ließ ihn in seiner Forschungstätigkeit manchmal Um- und Irrwege gehen; aber eine gute Beobachtungsgabe, die Fähigkeit, logische Folgerungen aus seinen Beobachtungen zu ziehen, und eine praktische Geschicklichkeit, die mit den einfachsten Mitteln auskam, führten ihn trotzdem zu bahnbrechenden chemischen Entdeckungen.

Diesem — im übrigen konservativen, eine bürgerliche Behaglichkeit liebenden — Professor blieb es vorbehalten, eine der umwälzendsten Entdeckungen zu machen, eine Entdeckung, deren Bedeutung vielleicht noch über die der Erfindung des Schießpulvers hinausgehen sollte. Ausgehend von der Beobachtung, daß Salpetersäure, ähnlich wie Ozon, viele organische Substanzen oxydiert und deshalb z. B. Pflanzenfarben zerstört, untersuchte Schönbein systematisch seit Ende 1845 die Einwirkung von Salpetersäure bzw. eines Gemisches von Salpetersäure und Schwefelsäure auf zahlreiche Stoffe. In der Sitzung der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel vom 11. März 1846 teilte er mit, daß es ihm gelungen sei, Pflanzenfasern, Zucker, Papier usw. so zu verändern, daß diese Stoffe durch Reiben elektrisch werden. Und im Sitzungsbericht vom 27. Mai 1846 heißt es: „Unter Bezugnahme auf die am 11. März 1846 der Gesellschaft mitgetheilte Notiz zeigte Referent Baumwolle vor, von ihm Schießbaumwolle genannt, so verändert, daß sich dieselbe noch leichter entzündet ohne einen Rückstand zu lassen, als Schießpulver selbst. Zu gleicher Zeit werden mit Gewehren Versuche angestellt, die zeigen, daß die Schießwolle bei ihrer Verbrennung in Geschossen eine noch bedeutendere Triebkraft entwickelt, als diess ein gleiches Gewicht des besten Schießpulvers thut. Zwanzig Grane Schießwolle in eine Flinte geladen trieb anderthalblöthige Kugeln durch vier dicke Bretter in einer Entfernung von sechzig Schritten. Schießwolle auf einen Ambos gelegt und mit einem Hammer geschlagen detonierte, ohne sich zu entzünden, sich aber zerstäubend."

Schönbein war sich der Wichtigkeit seiner Erfindung wohl bewußt. Noch im gleichen Monat machte er davon dem Grafen Wilhelm von Württemberg Mitteilung, worauf er vom württembergischen König Wilhelm I., dem sofort darüber berichtet wurde, zur Audienz nach Stuttgart berufen wurde. Über seinen Besuch schreibt Schönbein in einem Brief an seine Frau: „Welches Endergebniss sich auch herausstellen wird, ich erwarte es mit philosophischer Ruhe, bringt mir die Sache Nutzen, so freut es mich, wenn nicht, so gräme ich mich nicht im Mindesten und bin was ich zuvor."

Schon in Stuttgart brachte es Schönbein nicht über das Herz, sein Geheimnis für sich zu behalten. Im Freundeskreise, auch in Basel am Stammtisch, überall führte er ein Schächtelchen mit seiner Schießwolle in der Tasche mit sich und erzählte bereitwillig von seiner Erfindung. Bald bemächtigten sich auch die Zeitungen des interessanten Stoffes; sogar das Theater sorgte mit einem Zeitschwank „Die explodierende Baumwolle" für die Verbreitung des Ereignisses. Berufene und Unberufene experimentierten mit der gefährlichen Substanz, und eine Flut von brieflichen Anfragen und Verwertungsangeboten ergoß sich über den Erfinder, der in dieser Zeit an seine Frau

schrieb: „Um keinen Preis möchte ich lange in dem jetzigen Zustand der Aufregung verbleiben".

Selbstverständlich erregte die Erfindung auch bald die Aufmerksamkeit in- und ausländischer Regierungen. Die Schweiz wollte allerdings noch kein Geld in die Sache hineinstecken. Der russische Zar Nikolaus lud Schönbein zu einem Besuch in Petersburg ein, Frankreich und England bemühten sich ebenfalls durch Mittelmänner um die Überlassung der Erfindung. Der geschäftsunkundige Schönbein ließ sich durch den ihm befreundeten Baseler Bankier Emanuel Passavant-Bachofen beraten, der den Wert der Erfindung auf 5 Millionen Franken veranschlagte.

Nunmehr beschäftigten sich auch ernst zu nehmende Wissenschaftler mit der Schießbaumwolle und versuchten ihr Geheimnis zu entschleiern. Professor Rudolph Böttger in Frankfurt war es als erstem gelungen — übrigens anscheinend unabhängig von Schönbein —, die Herstellung von Schießbaumwolle „nachzuerfinden". Er berichtete Schönbein loyal von seinen Arbeiten, und wenn dieser natürlich auch nicht gerade sehr beglückt über diesen Wettbewerb war, so hielt er es doch für das richtigste, sich mit Böttger zu einigen und die Verwertung der Erfindung mit ihm gemeinsam zu betreiben. So wandten sich zunächst beide an den Deutschen Bund und boten ihm die Benutzung der Erfindung für 100 000 preußische Taler an. Während Böttger in Frankfurt mit dem Bundestag verhandelte, fuhr Schönbein nach London, um dort mit der englischen Regierung Fühlung zu nehmen.

Inzwischen war ein zweiter Nacherfinder aufgetaucht: Professor Julius Otto in Braunschweig. Er veröffentlichte Anfang Oktober 1846 in der „Hannoverschen Zeitung" einen Artikel, in dem er erklärte, er sei — vollkommen unabhängig von Schönbein und Böttger, auf einer Beobachtung des französchen Forschers Pelouze fußend — dazu gekommen, eine explodierende Baumwolle herzustellen. Er verschmähe es aber, seine Erfindung zu verkaufen, sondern stelle sie gleichzeitig Deutschland, Frankreich, England, Rußland, Amerika und der ganzen Welt zur Verfügung; er hoffe allerdings, „daß die höchsten und hohen Souveraine und Regierungen geruhen werden, mir dafür das zu geben, was ich als Chemiker ein Äquivalent nennen will".

Mit Pelouze hatte es folgende Bewandtnis: 1832/33 hatte der französische Chemiker Braconnot in Nancy durch Auflösen von Stärke in konzentrierter Salpetersäure und Wasserzusatz eine von ihm Xyloidin genannte Substanz erhalten. Ähnliche Produkte erhielt er auch aus Holz, Zucker, Baumwolle und anderen pflanzlichen Stoffen, wenn er sie unter Erwärmen in Salpetersäure auflöste und mit Wasser ausfällte. Pelouze hatte 1838 Braconnots Versuche wiederholt und insbesondere durch Nitrierung von Papier ein pergamentähnliches Produkt erhalten. Diese „Xyloidine" waren aber verschieden von der Schießbaumwolle, die nach der Herstellung und nach dem Auswaschen mit Wasser noch dieselbe Struktur zeigt wie die Baumwolle. Schönbein war auch keineswegs durch die Arbeiten von Pelouze angeregt worden, und dieser war auch später so ehrlich, anzuerkennen, daß er nicht einen Augenblick

daran gedacht hätte, sein Produkt an Stelle von Schießpulver zu verwenden, wie es Schönbein sofort vorgeschlagen und erprobt hatte.

Das freundliche Angebot Ottos hatte nicht den erhofften Erfolg, da man offenbar dem Original-Erfinder doch mehr traute als dem verspäteten Nacherfinder. Und Schönbein tat das Vernünftigste, was man in diesem Fall tun konnte: er ignorierte Otto vollständig. Leider gingen die Verhandlungen mit dem Deutschen Bund sehr schleppend weiter, zumal da das Jahr 1848 mit seinen politischen Wirren dazwischenkam. Die Politik spielte auch noch auf andere Weise hinein. 1847 hatte eine vom Bund eingesetzte Prüfungskommission unter Führung eines Generals die Herstellung der Schießbaumwolle und ihre Erprobung in Mainz in größerem Maßstab begonnen. Obwohl ein Bericht darüber von dem Schriftführer der Kommission, dem österreichischen Hauptmann Wilhelm Freiherr v. Lenk von Wolfsberg, sich günstig über die erzielten Ergebnisse aussprach, kam der drei Jahre später abgegebene Schlußbericht zu dem Ergebnis, daß die Herstellung der Schießbaumwolle zu teuer sei, daß diese sich zu schnell zersetze, daß sie Metalle usw. angreife — kurz, daß sie sich „zu keinem Kriegsgebrauch eignen könne".

Die tieferen Gründe lagen aber in der Eifersucht der rivalisierenden Hauptländer des Deutschen Bundes, von denen insbesondere Österreich insgeheim die Erfindung für sich allein zu erwerben hoffte. Tatsächlich kam es bald nach der Ablehnung durch den Bund zu Verhandlungen mit der österreichischen Regierung, die das Ergebnis hatten, daß diese Regierung die Erfindung für 30 000 Gulden ankaufte, von denen Schönbein zwei Drittel, Böttger ein Drittel erhielt.

Weniger Glück hatte Schönbein mit seinen Verhandlungen mit England und mit Amerika. In England, wo er ein Patent angemeldet hatte, interessierte sich die größte Pulverfirma für die Erfindung, trat aber von ihrem Vertrag zurück, als ihre Schießwollefabrik in Faversham in die Luft flog. Der amerikanische Unterhändler, ein gewisser Robertson, verkaufte die Erfindung für 60 000 Gulden an eine Firma in Philadelphia, steckte davon aber 40 000 Gulden (= 70 000 RM) in seine eigene Tasche.

Schönbein war nicht der Mann, Prozesse zu führen, um zu seinem Recht zu kommen. Noch bevor er seine trüben Erfahrungen mit Robertson machen mußte, schrieb er in einem Brief an Böttger: „Ich verhehle Ihnen nicht, daß mir jedes Wort, welches ich über die leidige Schießwolleangelegenheit zu schreiben habe, täglich mehr Anstrengung und Selbstüberwindung kostet und ich nichts sehnlicher wünsche als bald möglichst jeder Correspondenz über die Sache enthoben zu seyn . . ." So begnügte er sich mit dem bescheidenen finanziellen Ergebnis seiner Verwertungsversuche und wandte sich resigniert, aber mit erheblich vermehrter Menschenkenntnis, wieder der reinen Wissenschaft zu. Er hat die Chemie noch um manche wertvolle Beobachtung und Entdeckung bereichern können; allerdings hat keine eine so große Bedeutung erlangt wie die Entdeckung der Schießbaumwolle, die für ihn nur eine Episode in seinem an wissenschaftlichen Erfolgen so reichen Leben war.

Am 29. August 1868 hat Schönbein in Baden-Baden die Augen für immer geschlossen.

Die Schießbaumwolle schien ihren Namen zunächst mit Unrecht erhalten zu haben, denn sie widersetzte sich nach ihrer Entdeckung noch jahrzehntelang der Verwendung zum Schießen. Zwei Gründe waren es, die ihre praktische Verwendung zunächst verhinderten: ihre außerordentlich große Verbrennungsgeschwindigkeit und Brisanz, die eine zerstörende Wirkung auf die Schießwaffen ausübten, und ihre Neigung zur Selbstzersetzung, die in verschiedenen Ländern zu verhängnisvollen Explosionskatastrophen führte, und zwar bei der Herstellung wie auch bei der Lagerung. Nach der schon erwähnten Explosion in der englischen Fabrik von Faversham flogen ein Jahr später französische Magazine in Vincennes und Le Bouchet in die Luft; andere Fabriken und Lager ereilte dasselbe Schicksal, und das allgemeine Mißtrauen gegen das neue Pulver wuchs. Nur in Österreich schien der Freiherr v. Lenk bei der Fortsetzung seiner Versuche zur Verbesserung der Darstellung der Schießbaumwolle Erfolg zu haben. Seinem Fabrikationsverfahren lag die Anschauung zugrunde, daß die Instabilität der Schießbaumwolle auf gewisse schwer entfernbare Verunreinigungen zurückzuführen sei. Er verfuhr deshalb in der 1853 gegründeten Schießwollfabrik in Hirtenberg folgendermaßen: die Baumwolle wurde zunächst mit heißer Pottaschelösung entfettet, dann ausgewaschen und getrocknet und mit einem Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure unter Einhaltung genauer Temperatur- und Konzentrationsverhältnisse nitriert; hierauf wurde die Nitrozellulose sorgfältig ausgewaschen, mit einer Lösung von Wasserglas (kieselsaurem Natrium) behandelt, nochmals gründlich gewaschen und schließlich getrocknet. 1855 besaß Österreich schon fünf kriegsfähige Batterien mit Geschützen für Schießbaumwolle. Diese Geschütze — bronzene Vorderlader mit gezogenen Rohren für Spitzhohlgeschosse, Schrapnells und Brandgeschosse — waren eine eigene Konstruktion v. Lenks. Nachdem einige Jahre ohne Zwischenfall vergangen waren, erfolgte am 30. Juli 1862 eine äußerst heftige Explosion in Hirtenberg, die eine große Enttäuschung bereitete. Als dann am 11. Oktober 1865 auch noch ein Pulvermagazin bei Wiener-Neustadt in die Luft flog, wurde sofort die Schießwollefabrikation in Österreich eingestellt.

Während man unter dem Eindruck all dieser Katastrophen auf dem Kontinent nichts mehr von der Schießbaumwolle wissen wollte, hatte man in England die Hoffnung, das gefährliche Präparat lager- und verwendungsfähig zu machen, noch nicht aufgegeben. Hier war — nach langen und gründlichen Versuchen in Waltham Abbey — der Hauptchemiker der Militärverwaltung, Professor Frederick Abel, dessen Vorfahren väterlicherseits aus Deutschland stammten, zur Überzeugung gelangt, daß es doch möglich sein mußte, die Schießbaumwolle zu stabilisieren. Die v. Lenksche Herstellungsmethode könne, so behauptete er, bei sorgfältigsterDurchführung doch zu einer absolut reinen und dann gefahrlosen Nitrozellulose führen, zumal wenn man die Schießbaumwolle mit einer weniger explosiven Art von Pyroxylin oder gar mit un-

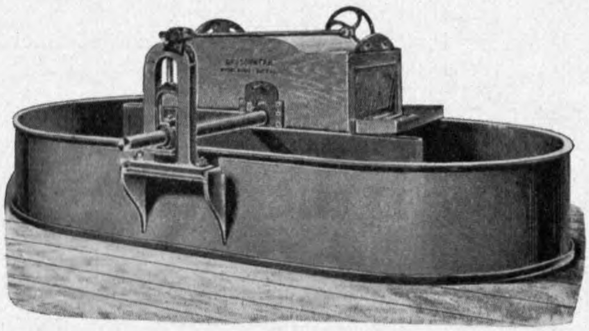


Abb. 34. Grundform des „Holländers“, einer Maschine zum Zerkleinern von Schießbaumwolle. In dem Raum zwischen der Wand der Wanne und der Mittelwand kreist die mit Wasser angeteigte Nitrozellulose; sie wird durch eine mit scharfen Messern besetzte Walze, deren Schneiden gegen eine ebenfalls mit Messern versehene Sohle arbeiten, zerschnitten und zermalmt. (Nach Romocki, „Geschichte der Explosivstoffe“, Band II, Berlin, 1895/96)

veränderter Baumwolle mische, oder wenn man die Nitrozellulosefaser, ähnlich wie bei der Papierherstellung, zu einem feinen Brei vermahle, und dann diesen Brei durch Druck in eine feste Masse überführe. Beide Methoden könnten auch zweckmäßig miteinander kombiniert werden, und zum Zerteilen der Nitrozellulose eigne sich besonders der schon bei der Papierfabrikation eingeführte Holländer (Abb. 34). Um die Verbrennungsgeschwindigkeit zu regeln, wurde empfohlen, die feste Masse zu körnen oder sonstwie zu formen, ähnlich wie man dies bei der Schwarzpulverfabrikation schon lange getan hatte. In seinem Patent erwähnte Abel zwar auch als vorteilhafte Maßnahme die Gelatinierung, aber er führte sie praktisch nicht aus.

1868 entdeckte Abels Assistent Edwin A. Brown, daß Schießbaumwolle eine besonders kräftige Sprengwirkung entfaltet, wenn man sie durch die Detonation einer Knallquecksilber-Sprengkapsel zur Entzündung bringt. Diese Sprengkapseln waren kurz vorher von Alfred Nobel erfunden und bei einem anderen Sprengstoff angewandt worden (vgl. S. 50). Brown fand ferner, daß sogar nasse Nitrozellulose sich auf diese Weise entzünden läßt. Man konnte also die Schießbaumwolle ohne Gefahr vor dem Verbrauch in feuchtem Zustand lagern, was sich als besonders wichtig für die Sprengtechnik erwies.

War damit durch Abel und Brown in bezug auf die Zuverlässigkeit der Schießbaumwolle ein wesentlicher Fortschritt erzielt worden, so wurde nun auch die andere Aufgabe gelöst, ihre allzu große Brisanz zu mildern und die Verbrennungsgeschwindigkeit nach Wunsch zu regeln. In derselben Zeit, in der Duttenhofer an der Herstellung seines R.C.P. arbeitete, beschäftigte sich in Frankreich Paul Vieille mit der Herstellung eines rauchlosen Pulvers aus Schießbaumwolle. Vieille wandte den schon von Volkmann, Duttenhofer und anderen benutzten Kunstgriff der vollständigen Gelatinierung an, ging aber einen wesentlichen Schritt weiter, indem er die plastische Pulvermasse noch preßte und zu Streifen und Blättchen formte. So entstand — nur kurze Zeit nach Duttenhofers R.C.P. — das französische „Pulver B“, das infolge seiner Blättchenform dem R.C.P. noch überlegen war und auch bezüglich seiner Herstellung weitere Vorteile bot. Es wurde zuerst in Frankreich, zusammen mit dem Lebel-Infanteriegewehr M/1886, eingeführt. Man kam in verschiedenen Ländern durch Analyse von Mustern hinter sein Geheimnis, und auch in Deutschland überzeugte man sich bald von seinen Vorzügen, so daß auch der

Rottweiler Betrieb in kurzer Zeit auf die Fabrikation der neuen Pulversorte umgestellt wurde. Ende 1889 konnte dort die Herstellung dieses Nitrozellulosepulvers im großen beginnen, das den Namen „Blättchenpulver M 88“ erhielt und sofort beim deutschen Heer eingeführt wurde.

Die Geschichte des rauchlosen Pulvers ist damit allerdings noch nicht abgeschlossen. Wir werden sehen, daß wenige Jahre später das Nitrozellulosepulver einen Konkurrenten im rauchlosen Nitroglyzerinpulver erhielt. Diese Erfindung ist Alfred Nobel zu verdanken und soll deshalb bei der Beschreibung seines Lebenswerkes näher behandelt werden.

## VI

## ALFRED NOBEL

Alfred Nobels Vater, Immanuel Nobel, entstammte einer alten schwedischen Familie, die sich noch im 18. Jahrhundert Nobilius nannte. Er war Seemann, Schiffsbauer, dann Maschinist in Ägypten, später wieder Schiffskonstrukteur in Stockholm; dann ging er nach Rußland, wo er Land- und Seeminen herstellte, die mit Schießbaumwolle gefüllt waren, bis er 1859 wieder nach Schweden zurückkehrte. Das Erfinden lag ihm im Blut, und sein reger technischer Geist vererbte sich auf seinen dritten Sohn Alfred, der am 21. Oktober 1833 in Stockholm geboren wurde.

Alfred Nobel bildete sich technisch in Amerika bei dem bekannten schwedischen Ingenieur Johann Ericsson weiter. Nach seiner Rückkehr — während des Krimkrieges, in dem die Minen des Vaters zur Anwendung kamen —, machte er seine ersten Erfindungen: einen Apparat zum Messen von Flüssigkeiten, einen neuen Gasometer und ein verbessertes Barometer. Zusammen mit seinem Vater interessierte er sich besonders für das 1846 von dem italienischen Professor Ascanio Sobrero (1812 bis 1888) (Abb. 36) entdeckte Nitroglyzerin, dessen hochexplosive Eigenschaft der Entdecker zwar erkannt, dessen Gefährlichkeit ihn aber von der praktischen Verwertung abgehalten hatte. Die gemeinsamen Arbeiten von Nobel Vater und Sohn führten zu einer verbesserten Herstellungsmethode des Nitroglyzerins, und 1861 gelang es Alfred Nobel, sich in Paris das zur Errichtung einer Fabrik notwendige Geld zu beschaffen (wobei ihm Napoleon III. 100 000 Franken zur Verfügung stellte). Nachdem die



Abb. 35. Alfred Nobel, der geniale Pionier der Explosivstoffindustrie. (Nach einer Zeichnung von Willy Planck)

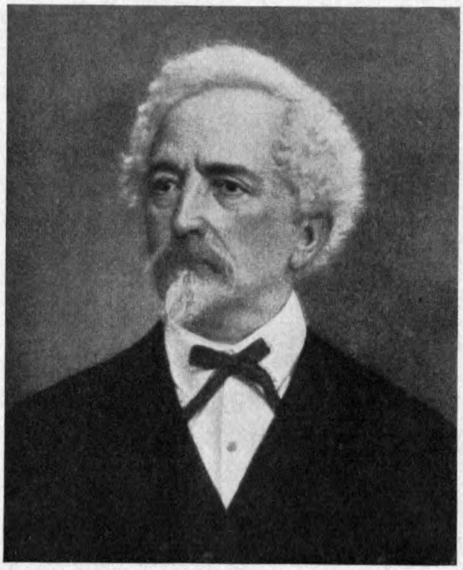


Abb. 36. Ascanio Sobrero, der Entdecker des Nitroglyzerins. (Aus „Dynamit AG. vorm. Nobel & Co., Hamburg, 1865—1925". Verlag M. Schröder, Berlin-Halensee)

in Heleneborg bei Stockholm gebaute Fabrik zwei Jahre lang in Betrieb gewesen war, flog sie 1864 in die Luft. Alfred Nobels Bruder Emil fand dabei den Tod und sein Vater erlitt einen Schlaganfall, von dem er sich nicht wieder erholte. Aber Nobel ließ sich nicht entmutigen und setzte die Fabrikation von Nitroglyzerin auf einem im Mälar-See verankerten Schiff fort. Sein Hauptbemühen galt der Verbesserung der Zündung des Nitroglyzerins oder „Sprengöls", wie er es nannte. Da eine Zündschnur das Sprengöl nicht zur Entzündung brachte, kam Nobel auf den Gedanken, die Zündung durch die Detonation einer kleinen Ladung Schießpulver im Öl zu bewirken. Dies Verfahren verbesserte er bald darauf, indem er statt einer Pulverpatrone ein Glasröhrchen und später eine Metallhülse benutzte, die mit einem Gemisch von Knallquecksilber und Schießpulver oder Salpeter gefüllt wurde. Die Erfindung dieser „Initialzündung" („Nobels Zünder") machte erst das Nitroglyzerin zu einem brauchbaren Sprengstoff und erwies sich in ihrer weiteren Anwendung als einer der bedeutendsten Fortschritte der Explosivtechnik.

Nun ging es aufwärts mit der Nitroglyzerinfabrikation. 1865 wurden Fabriken in Krümmel a. d. Elbe und in Winterviken bei Stockholm errichtet. Aber einige schwere Unfälle bei der Handhabung dieses Sprengstoffes zeigten, daß ihm doch noch Mängel anhafteten, die in erster Linie auf die Empfindlichkeit der flüssigen Substanz gegen Stoß zurückzuführen waren. Nach verschiedenen, nicht befriedigenden Versuchen, diesen Nachteil auszuschalten, mache Nobel 1866 eine weitere wichtige Entdeckung: er fand, daß man das Sprengöl in eine plastische Form („Dynamit") bringen kann, wenn man es von einem porösen Stoff aufsaugen läßt. Anfangs benutzte er hierfür Holzkohle, dann — in gemeinschaftlichen Versuchen mit Bergrat Koch, dem Vater des berühmten Robert Koch — mehlfeine Abfälle von der Erzaufbereitung, und schließlich Kieselgur, eine in der Lüneburger Heide vorkommende Infu-

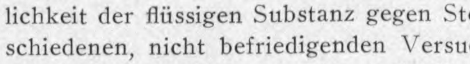


Abb. 37. Nobels Zünder: eine zur Detonation gebrachte kleine Ladung Schießpulver bringt das umgebende Nitroglyzerin zur Explosion (Initialzündung!). (Aus „Initialexplosivstoffe" von Dr. Richard Escales und Dr. Alfred Stettbacher. Leipzig 1917, Veit & Co.)

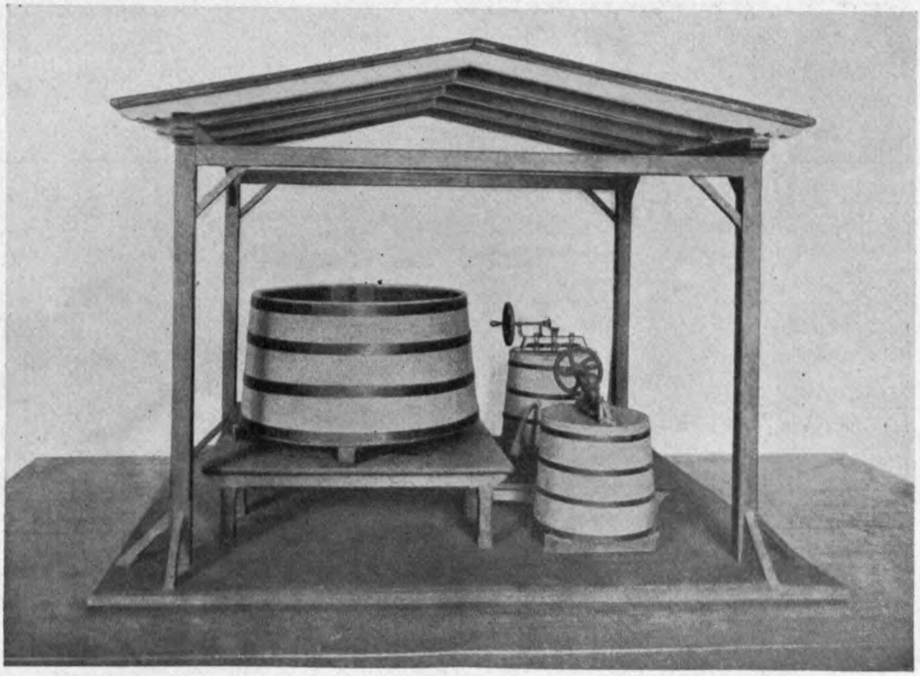


Abb. 38. Der erste Nitrierapparat in der von Nobel gegründeten Fabrik in Krümmel. (Aus Richard Hennig, „Alfred Nobel". Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart)

sorienerde. Bei der Wahl des letzteren Stoffes mag ihm der Zufall zu Hilfe gekommen sein, als ihm die zum Verpacken der Nitroglyzerinkannen in Kisten gebrauchte Kieselgur zu Augen kam. Jedenfalls war aber diese Erfindung ebenso wie seine anderen die Frucht streng logischer und wissenschaftlicher Erwägungen und Versuche, bei denen sich ein Erfolg aus dem anderen ergab. Infolgedessen ist auch die Lesart abwegig, nicht Nobel sei der Erfinder des Gurdynamits, sondern Koch oder der auf Anweisung des letzteren verfahrende Bergrat Schell.

Das Dynamit war nicht nur ein großer technischer Fortschritt, sondern wurde auch die Grundlage eines ungeheuren industriellen und wirtschaftlichen Erfolges. Bis zum Jahre 1873, in dem Nobel nach Paris übersiedelte, entstanden Fabriken in folgenden Ländern: in Norwegen, Böhmen, Nordamerika, Finnland, Schottland, Frankreich, Deutschland (Schlebusch bei Köln, 1872), Spanien, in der Schweiz, in Italien, Portugal und Ungarn; die Dynamiterzeugung, die sich 1867 noch auf 11 Tonnen belief, betrug 1873 schon 3120 Tonnen und steigerte sich 1880 schon in Deutschland allein auf 4241 Tonnen.

Aber Nobel war mit seinem Erfolg noch nicht zufrieden. Kieselgur war als „inaktiver" Aufsaugestoff nur ein Ballast bei der Explosion und außerdem in seinem Vorkommen nur auf wenige Punkte der Erde beschränkt. Diese Nachteile legten einen Ersatz der Kieselgur durch einen an sich als Spreng-

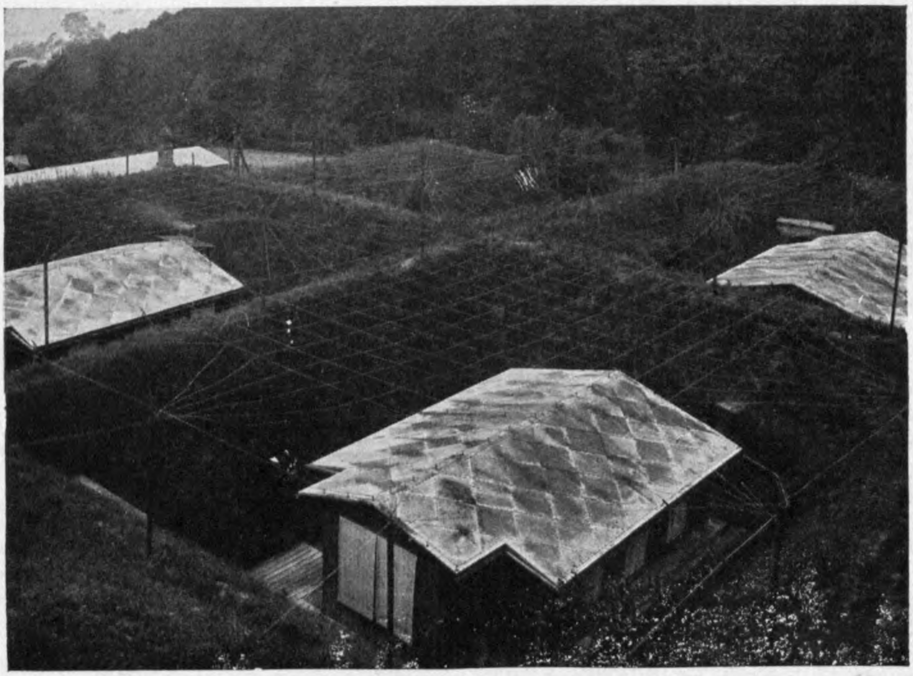


Abb. 39. So sieht eine moderne Sprengstoffabrik aus! (Aus Richard Hennig, „Alfred Nobel", Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart)

stoff wirksamen „aktiven" Stoff nahe. So kam er auf den Gedanken, Nitrozellulose, und zwar Kollodiumwolle, mit Nitroglyzerin unter Zuhilfenahme eines Lösungsmittels zu kombinieren. Die mit 7—8 % Nitrozellulose erhaltene „Sprenggelatine" erwies sich als ein geradezu idealer Sprengstoff, besonders bei Sprengungen im nassen Gestein und unter Wasser; sie wurde in größerer Menge zuerst beim Bau des St.-Gotthard-Tunnels angewandt. Verminderte man die Menge der Nitrozellulose auf die Hälfte, so erhielt man eine zähflüssige Masse, die mit Natronsalpeter und Holzmehl einen sehr brauchbaren Sprengstoff vom Typ der gelatinierten Dynamite lieferte. 1879 ließ sich Nobel den „Extradynamit" patentieren, bei dem der Sprenggelatine noch Ammoniumnitrat zugemischt war. Die Krönung dieser langwierigen Arbeiten bildete die Erfindung des Ballistits (1888), eines langsam abbrennenden rauchlosen Pulvers, das aus Nitrozellulose und Nitroglyzerin in ungefähr gleichen Mengen und einem Zusatz von etwa 10 % Kampfer bestand und bald darauf auch durch bloßes Zusammenwalzen von Nitrozellulose und Nitroglyzerin in der Wärme — ohne Kampferzusatz — hergestellt werden konnte. Der Ballistit wurde zuerst in Italien, dann in Deutschland eingeführt. In England wurde von Abel und Dewar ein sehr ähnliches rauchloses Pulver, der „Cordit", hergestellt, bei dem man von einer höher nitrierten, unlöslichen Nitrozellulose ausging. Die Abweisung der von Nobel angestrengten Klage wegen Ver-

letzung seines englischen Patentes empfand Nobel als ein Unrecht, das ihm sehr zu Herzen ging.

Auch andere Enttäuschungen blieben ihm nicht erspart. Chauvinistische Angriffe der französischen Presse, die ihm u. a. die Überlassung des Ballistit-Patentes an Italien übelnahm, veranlaßten ihn 1892, Wohnsitz und Laboratorium in Paris aufzugeben und nach San Remo überzusiedeln, wo er sich am Meer ein prächtiges Haus und ein neues Laboratorium bauen ließ. Hier begann seine rastlose Arbeit von neuem: Verfahren zur Herstellung von Sauerstoff, von Cyanid und anderen chemischen Stoffen, Verbesserungen an Telefonen, Fonografen, elektrischen Batterien, die Gewinnung von Kunstseide, künstlichem Gummi, metallurgische Erzeugnisse, Motoren — das waren nur einige der Probleme, die ihn beschäftigten. 1893 kaufte er eine große Geschützgießerei und ein Stahlwerk in Schweden, wo Untersuchungen über die Verbesserung von Gewehren und Geschützen angestellt wurden. Auch seine Arbeiten über Explosivstoffe, Zündschnüre usw. wurden fortgesetzt; seine letzten Beiträge zur Sprengstofftechnik waren Sicherheitssprengstoffe, in denen die Holzkohle im Schwarzpulver durch Dextrin unter Beifügung von Natriumbikarbonat ersetzt war, ferner ein Progressivpulver aus verschiedenen Nitroglyzerinpulver-Schichten, deren Zusammensetzung so variierte, daß die Verbrennungsgeschwindigkeit mit fortschreitender Verbrennung anstieg.

Am 10. Dezember 1896 endete Alfred Nobels Leben — ein Leben rastlosen Schaffens, erfüllt mit industriellen Transaktionen, zahllosen Reisen, Patentprozessen und anderen Aufregungen. Er hatte sich in den letzten Jahren ein Herzleiden zugezogen, und eine tragische Fügung wollte es, daß die Ärzte ihm als Mittel gegen seine Atembeschwerden eine verdünnte Lösung von Nitroglyzerin verordneten! Ein Jahr vor seinem Tode hatte er sein Testament gemacht, in dem er den größten Teil seines Vermögens — etwa 30 Millionen Reichsmark — in sicheren Wertpapieren festlegen ließ, mit der Bestimmung, daß die Zinsen alljährlich an diejenigen Wissenschaftler, Schriftsteller und Friedensfreunde verteilt werden sollten, die sich am meisten um die Menschheit verdient gemacht hätten.

VII

## ORGANISCHE NITRATE UND NITROVERBINDUNGEN

„Nitrozellulose“ und „Nitroglyzerin“ sind chemisch nicht ganz einwandfreie Bezeichnungen. Die so genannten Stoffe entstehen, wenn Salpetersäure auf solche organische Verbindungen einwirkt, welche die für Alkohole und Phenole charakteristische „Hydroxylgruppe“ (OH) oder mehrere dieser Gruppen enthalten. Derartige Produkte aus Säuren und Alkoholen oder Phenolen bezeichnet der Chemiker als „Ester“; sie entsprechen den aus Säuren und anorganischen Basen gebildeten „Salzen“. Nitrozellulose und Nitroglyzerin sind also Salpetersäureester der Zellulose oder des Glyzerins oder Nitrate dieser Verbindungen. Im Gegensatz hierzu versteht man unter echten „Nitroverbindungen“ solche organischen Verbindungen, insbesondere Kohlenwasserstoffe und Kohlehydrate, in denen ein oder mehrere Wasserstoffatome durch die „Nitrogruppe“ ($NO_2$) ersetzt sind.

Unter den aromatischen Nitroverbindungen hat die Pikrinsäure schon früh die Aufmerksamkeit der Chemiker erregt. In dem 1742 erschienenen 23. Band eines von Zedler herausgegebenen „Universal-Lexikons aller Wissenschaften und Künste“ wird erwähnt, daß geraspeltes Hirschhorn bei der Behandlung mit Salpetersäure eine Auflösung gibt, die beim Eindampfen einen Rückstand liefert, der „gewaltig verpuffet, oder schläget“. 1771 beobachtete der englische Chemiker Peter Woulfe, als er Salpetersäure auf Indigo einwirken ließ, die Bildung eines gelben Farbstoffs. In beiden Fällen handelte es sich um eine Substanz, die später auch von anderen Chemikern untersucht wurde; so z. B. von dem elsässischen Färbereibesitzer Johann Michael Hausmann, der sie 1788 aus Indigo und Salpetersäure herstellte, und von einem anderen Färbereichemiker, Jean Joseph Welter, der sie 1799 in kristallisierter Form aus Seide und Salpetersäure erhielt.

Nach Welter wurde sie „Welter's Bitter“ genannt, bis sie später von Berzelius den Namen Pikrinsalpetersäure und von Dumas endgültig den Namen Pikrinsäure bekam. Der französische Chemiker Laurent ermittelte ihre chemische Zusammensetzung und ihre Identität mit Trinitrophenol, das aus Phenol (im Steinkohlenteer vorhanden) und Salpetersäure gebildet wird.

Auch die Salze der Pikrinsäure kannte man schon lange. So hatte z. B. schon Glauber eine alkoholische Lösung des pikrinsauren Kaliums durch Einwirkenlassen von Salpetersäure auf Wolle und Zusatz von Kaliumkarbonat erhalten („Tinctura nitri Glauberi“), und auch Welter hatte schon das Kaliumpikrat hergestellt und dessen explosiven Charakter erkannt.

Als Farbstoff bewährte sich die gelbe Pikrinsäure nicht. Um so wichtiger wurde ihre Verwendung als Explosivstoff, die zuerst 1867 von Borlinetto vorgeschlagen wurde. Er benutzte ein Gemisch von Pikrinsäure, Natronsalpeter und Kaliumbichromat. 1869 wurde in der Fabrik von Le Bouchet ein Schieß-

pulver aus Kaliumpikrat, Salpeter und Holzkohle und ein Sprengstoff zur Füllung von Granaten, aus Kaliumpikrat und Salpeter allein, unter dem Namen „Désignollesches Pulver“ fabriziert. Etwa gleichzeitig stellte Brugère ein Pulver für das Chassepotgewehr aus ungefähr gleichen Mengen Ammoniumpikrat und Salpeter her, eine Mischung, die in ähnlichem Verhältnis Abel zum Füllen von Granaten vorschlug. Auch eine Kombination von Pikrat und Chlorat wurde empfohlen; ihre Verwendung scheiterte an der übergroßen Empfindlichkeit; wie überhaupt das anfängliche Interesse für die neuen Pikrat-Sprengstoffe bald wieder nachließ.

Hermann Sprengel, ein nach England übergesiedelter deutscher Sprengstoffchemiker (Abb. 40), stellte 1873 fest, daß Pikrinsäure allein durch Zündhütchen zur Explosion gebracht werden kann. Diese wichtige Anregung blieb unbeachtet, bis Eugène Turpin 1885 in einem französischen Patent darauf hinwies, daß Pikrinsäure, zumal in geschmolzenem Zustand, bei genügend starker Initialzündung ein äußerst wirksamer, dabei aber unempfindlicher Sprengstoff ist, der sich als solcher oder zusammen mit Nitrozellulose besonders zur Granatenfüllung eignet. Damit erfuhr die Sprengtechnik, besonders die militärische, eine neue Umwälzung. Denn das Nitroglyzerin wurde zwar schon als Dynamit usw. in der Sprengtechnik in weitem Umfange angewendet, hatte sich aber als Brisanzfüllung für Hohlgeschosse wegen seiner Empfindlichkeit nicht einbürgern können, und die Schießbaumwolle kam wegen ihrer lockeren Form für das Füllen von Hohlgeschossen mit kleinen Öffnungen kaum in Frage. In kurzer Zeit führten die Heeresverwaltungen der wichtigsten Länder die Pikrinsäure, meist mit einem den Schmelzpunkt herabsetzenden Zusatz anderer Nitroverbindungen, als Sprengstoff ein: in Frankreich 1886 als Melinit, in England 1888 als Lyddit (Name von dem Fabrikationsort Lydd), in Japan als Schimose (Name nach dem Hersteller) usw.

Wie es so oft in der Entwicklung der Explosivtechnik zu beobachten ist, folgte auch bei der Pikrinsäure auf die anfängliche Begeisterung für den neuen Sprengstoff bald eine Ernüchterung. Wider alles Erwarten kam es in verschiedenen Fabriken doch zu heftigen Explosionen, die, wie sich herausstellte, darauf zurückgeführt werden konnten, daß die wasserlösliche Pikrinsäure in Berührung mit Metallen oder auch mit Mauerwerk Salze bildet, die ihrerseits hochempfindlich sind und bei ihrer Detonation die Pikrinsäure durch Initialwirkung zur Ex-



Abb. 40. Hermann Sprengel. Er beobachtete zuerst, daß Pikrinsäure durch Zündhütchen gezündet werden kann. (Aus Escales „Chloratsprengstoffe“, Leipzig, 1910)

plosion bringen. Zu diesem Nachteil kam noch hinzu, daß bei der Fabrikation die färbende Wirkung und die Giftigkeit des Sprengstoffs sich unliebsam bemerkbar machten. Infolgedessen hielt man nach ähnlichen Stoffen Ausschau, die alle diese unangenehmen Eigenschaften nicht zeigten.

Es lag nahe, ähnliche Verbindungen wie das Phenol zu nitrieren, z. B. das gleichfalls im Steinkohlenteer vorkommende Kresol. Man erhielt so das Trinitro-meta-Kresol, das sich als weniger empfindlich als das Trinitrophenol erwies und den weiteren Vorteil besaß, daß es in Wasser weniger löslich ist als das Trinitrophenol, und daß seine Salze weniger explosiv sind als die der Pikrinsäure. In Frankreich wurde unter dem Namen „Kresylit" ein Gemisch von Pikrinsäure und Trinitrokresol in geschmolzenem Zustand als Geschoßfüllung eingeführt, in Österreich benutzte man zum gleichen Zweck das Ammoniumsalz des Trinitrokresols („Ekrasit"). Inzwischen war aber ein noch besserer Sprengstoff entdeckt und untersucht worden, für den bald auch ein billiges Herstellungsverfahren gefunden wurde: das Trinitrotoluol.

Das zuerst von J. Wilbrand (1863) hergestellte symmetrische Trinitrotoluol wurde 1880 in reiner Form von Paul Hepp erhalten, der zwei Jahre später auch zwei weitere „Isomere" der symmetrischen Verbindung isolieren konnte. 1887 wurden in der Pulverfabrik Hanau die ersten praktischen Sprengversuche mit Trinitrotoluol gemacht, und um 1900 begann, nachdem Carl Haeussermann, Direktor der Chemischen Fabrik Griesheim, ein rationelles Herstellungsverfahren (stufenweise Nitrierung des Toluols über Mono- und Dinitrotoluol) vorgeschlagen hatte, die Fabrikation dieses Sprengstoffs im Großbetrieb. Neben der Chemischen Fabrik Griesheim betätigten sich auf diesem Gebiet — z. T. mit eigenen Verfahren — auch die Carbonit-Gesellschaft, die Dynamit-Gesellschaft Nobel in Schlebusch, die Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-A.-G. und die Fabrik A. W. Allendorff in Schönbeck. Der Sprengstoff kam unter den verschiedensten Bezeichnungen in den Handel (als Trolyt, Trinol, Trilit, Tolit, Tutol, Triplastit, Plastrotyl usw.); auch Abkürzungen wie „Tri" oder „TNT" bürgerten sich ein. Er hat sich als ein geradezu idealer militärischer Sprengstoff erwiesen und schon im Weltkrieg 1914—18 eine hervorragende Rolle gespielt. In gegossener oder gepreßter Form dient er zum Füllen von Granaten, Minen und Torpedos, ferner wurde er als Zusatz zu Sicherheitssprengstoffen (vgl. S. 58) und zu rauchschwachem Pulver sowie zur Herstellung von Sprengkapseln und Zündschnüren benutzt.

Außer der Pikrinsäure und dem Trinitrotoluol sind noch zahlreiche andere aromatische Nitroverbindungen hergestellt und verwendet worden; aber keine hat die Bedeutung des Trinitrotoluols erreicht. Das an sich sehr sprengkräftige Trinitrobenzol führte sich wegen seiner unwirtschaftlichen Herstellung nicht ein. Hexanitrodiphenylamin („Hexamin"), das 1874 von Austen und Gnehm erhalten wurde, hat eine gewisse Anwendung im Gemisch mit Trinitrotoluol gefunden. Von den Abkömmlingen des Anilins hat u. a. das in Deutschland seit 1906 hergestellte Tetranitromethylanilin („Tetryl", „Tetralit") im Weltkrieg Anwendung gefunden. Auch Nitroverbindungen des Naphthalins, wie

Di-, Tri- und Tetranaphthalin, haben eine beschränkte sprengtechnische Bedeutung erlangt (die Triverbindung als „Naphtit“ oder „Trinal“).

Die rege Bearbeitung, die das Gebiet der aromatischen Nitroverbindungen erfahren hat, läßt schon erkennen, daß die eigentlichen organischen Nitrate, als deren wichtigste Vertreter wir die Nitrozellulose und das Nitroglyzerin kennengelernt haben, in ihrer technischen Bedeutung zurückgeblieben sind. So haben z. B. die Nitrate der Stärke („Nitrostärke“) oder des Zuckers („Nitrozucker“) nur in Amerika eine gewisse Verbreitung gefunden. Eine Ausnahme bildet das Tetranitrat des Pentaerythrits, einer Verbindung, die 1891 von Tollens aus Formaldehyd und Azetaldehyd durch Kondensation gewonnen wurde. Das Pentaerythrittetranitrat wurde zum erstenmal 1894 als Zusatz zu rauchschwachem Pulver empfohlen und ist als hochbrisanter Sprengstoff seit 1916 insbesondere von Stettbacher propagiert worden; der Nitropentaerythrit, der auch die Namen „Niperyt“, „Pentaryth“, „Pentrit“ usw. erhalten hat, gehört zu den wirksamsten modernen Sprengstoffen. Mischungen von Nitropentaerythrit mit Nitroglyzerin, auch unter Zusatz von Nitrozellulose, sind als Füllungen für Granaten, Torpedos usw. vorgeschlagen worden („Penthrinit“).

## VIII

## SICHERHEITS-, WETTER- UND ANDERE SPRENGSTOFFE

Wie schon die Geschichte der ersten Nitrosprengstoffe zeigt, verlangt man von einem Sprengstoff nicht nur höchste Wirksamkeit, sondern auch eine weitgehende Gebrauchssicherheit. Diese Forderung ist besonders an die im Bergbau zu verwendenden Sprengstoffe zu stellen (die erste Sprengung in einem Bergwerk — mit Schwarzpulver — führte 1627 der Tiroler Caspar Weindl in einem ungarischen Stollen bei Schemnitz aus). Handelt es sich um Kohlenbergwerke oder ähnliche Bergwerke, in denen „schlagende Wetter“ auftreten, so dürfen die dort gebrauchten Sprengstoffe auch diese explosiblen Gasgemische sowie Aufwirbelungen von Kohlenstaub nicht entzünden, d. h. sie müssen „wettersicher“ sein. So haben sich allmählich die beiden Typen der handhabungssicheren „Sicherheitssprengstoffe“ und der schlagwettersicheren „Wettersprengstoffe“ entwickelt, deren Eigenschaften natürlich auch in einem einzigen Sprengstoff vereinigt sein können.

Ein Hauptbestandteil der meisten Sicherheitssprengstoffe ist der schon erwähnte Ammonsalpeter (Ammoniumnitrat). Die Schweden Johan Ohlsson und Johan Henrick Norrbin schlugen 1867 wohl zum erstenmal Sicherheitssprengstoffe dieser Art vor, die Gemische von Ammonsalpeter mit Kohle, mit Zusätzen von Schwarzpulver oder Nitroglyzerin, darstellten. Das Erfindungs-

recht wurde von Nobel erworben, und die durch Knallquecksilber-Sprengkapseln entzündbaren Sprengstoffe dieser Art fanden in schwedischen Bergwerken Anwendung. Hermann Sprengel, der oft auf Grund seiner Patente und Veröffentlichungen von 1871 bzw. 1873 als Erfinder der Ammonsalpeter-Sprengstoffe bezeichnet wird, hat Ammonnitrat nur als Zusatz zu Jagdpulver empfohlen, um die Treibkraft des Pulvers zu erhöhen. Weitere Fortschritte brachten Vorschläge von A. W. Wahlenberg und K. J. Sundström (1876/77), nach denen das wasseranziehende Ammonnitrat durch Imprägnieren mit Nitrozucker oder Stearin bzw. Paraffin gegen Feuchtigkeit beständig gemacht wurde, und das Nitroglyzerin noch einen Zusatz von Nitrotoluol erhielt. Etwa bis 1885 blieb die Verwendung derartiger Sprengstoffe auf Schweden beschränkt, wo sie in der 1868 von A. E. Rudberg gegründeten Sprengstofffabrik in Gyttorp hergestellt wurden. In Frankreich ließ sich P. A. Favier 1884 einen Ammonsalpetersprengstoff patentieren, der einen Zusatz von Nitronaphthalin und Harz enthielt und in mehreren Typen hergestellt wurde. Favier schlug auch einen ähnlichen Sprengstoff vor, der Natronsalpeter statt Ammonsalpeter enthielt und als Grisounit für Sprengungen in Kohlengruben und Steinbrüchen Anwendung fand. Von neueren handhabungs- und transportsicheren Ammonsalpetersprengstoffen, die neben Ammonnitrat noch Nitroverbindungen oder Nitrate sowie Holzmehl oder dgl. enthalten, mögen noch

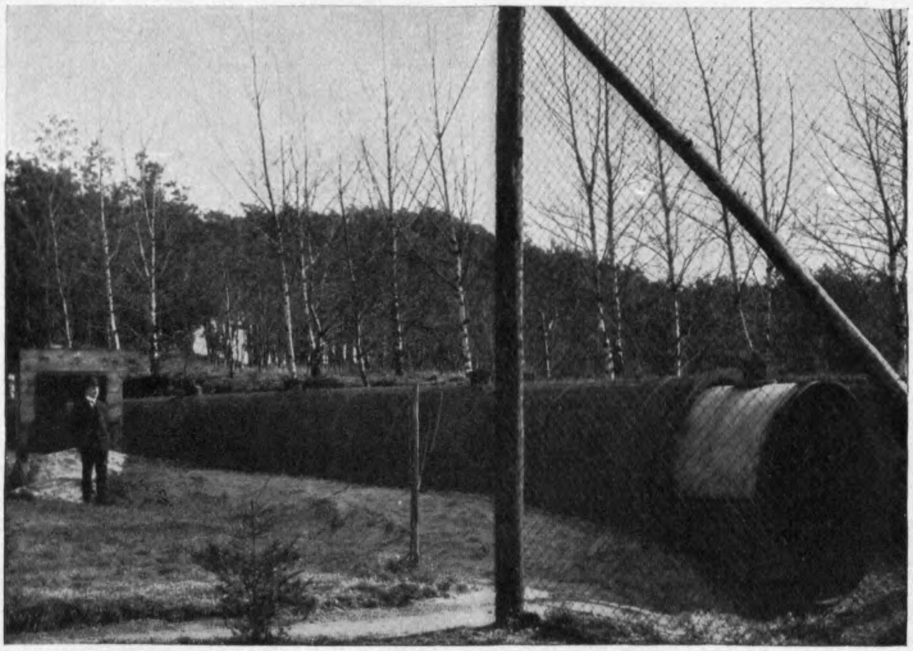


Abb. 41. Eine Versuchsstrecke, auf der die Sicherheit von Sprengstoffen geprüft wird. (Aus Richard Hennig, „Alfred Nobel". Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart)

Donarit (1899), Ammonkarbonit (1899), Amatol und Perdit Erwähnung finden.

Inzwischen waren zur Prüfung der Wettersicherheit von Sprengstoffen für Kohlengruben in verschiedenen Ländern sogenannte Schlagwetter-Kommissionen eingesetzt worden, die auf Versuchsstrecken die praktische Brauchbarkeit der Sicherheitssprengstoffe kontrollierten. In Preußen wurden auf Grund der in Neunkirchen unternommenen Prüfungen folgende Sprengstoffe amtlich zugelassen: der von der Firma Schmidt & Bichel in Schlebusch hergestellte Karbonit (anfangs Natronsalpeter mit geschwefeltem Teeröl und Nitrocumol, später Natronsalpeter mit Nitroglyzerin, Holzmehl und etwas Soda), der von H. Schoeneweg in Dudweiler 1886 hergestellte Sekurit (Ammonsalpeter mit Kalium- oder Ammoniumoxalat und Nitro- oder Dinitrobenzol), der nach Patenten von Carl Roth (1886/87) fabrizierte Roburit (Ammon- oder Kalisalpeter mit Chlorierungs- bzw. Nitrierungsprodukten des Naphthalins) und die sogenannten Wetterdynamite, die Zusätze von kristallwasserhaltigen Salzen, insbesondere von Soda, enthielten. In Frankreich wurden die folgenden Sprengstoffe als wettersicher zugelassen: Grisoutine (Ammonsalpeter und Nitroglyzerin), Sprengpulver P (Ammonsalpeter und Kollodiumwolle) und Grisounite (Ammonsalpeter und Nitrokohlenwasserstoffe wie Mononitronaphthalin).

Allmählich erhielt man auch immer mehr Klarheit über die Bedingungen, von denen die Wettersicherheit eines Sprengstoffs abhängt. In erster Linie erkannte man, daß die Temperatur der auftretenden Explosionsgase möglichst niedrig gehalten werden muß, d. h. etwa 1550 Grad nicht überschreiten soll. Da Ammonsalpeter die verhältnismäßig niedrige Explosionstemperatur von etwa 1230 Grad besitzt, ist es verständlich, daß er als Hauptbestandteil der sogenannten Ammonite, einer der Hauptklassen der Wettersprengstoffe, eine bevorzugte Rolle spielt. Neben der Explosionstemperatur erwies sich aber auch der Explosionsdruck und die Detonationsgeschwindigkeit von maßgebendem Einfluß auf die Wettersicherheit eines Sprengstoffs, da beide Faktoren durch Verdichtung und damit durch verstärkte Erhitzung der umgebenden Luft und der Schlagwetter zur Zündung führen. Man konnte also durch geeignete Regelung der Bestandteile eines Sprengstoffgemisches in bezug auf die genannten Faktoren zu wettersicheren Sprengstoffen gelangen.

Von neueren Wettersprengstoffen seien hier folgende genannt: aus der Gruppe der Wetterdynamite Grisoutit (Nitroglyzerin, Magnesiumsulfat und Holzmehl) und der schon erwähnte Soda-Wetterdynamit; aus der Gruppe der Ammonite der in den Jahren 1893—1896 von der Westfälisch-Anhaltischen Sprengstoff-A.G. eingeführte Westfalit (Ammonsalpeter und etwas Kalisalpeter mit Harzzusatz), aus der Gruppe der Gelatinedynamite der Gelatinekarbonit (Ammonsalpeter mit Nitroglyzerin und Nitrozellulose) und ähnlich zusammengesetzte Sprengstoffe wie Grisoutine, Neu-Nobelit usw. Die meisten dieser Wettersprengstoffe enthalten außerdem noch einen Zusatz von an-

organischen Salzen wie Natrium- oder Kaliumchlorid, der die Entzündung der Schlagwettergase durch die Flamme des Sprengschusses erschwert.

Zu den Ammonsalpetersprengstoffen kann man auch die Ammonale rechnen, die außer Ammoniumnitrat (oder Ammoniumperchlorat) noch ein fein verteiltes Metallpulver, meist Aluminiumbronze, enthalten. Die ersten Versuche mit Aluminumsprengstoffen stellte 1897 Robert Deißler in Blumenau an. Das Ammonal (R. Escales und G. Roth, 1899/1900) besteht aus 72 % Ammonnitrat, 25 % Aluminiumpulver und 3 % Holzkohle, Neu-Anagon enthält eine pulverförmige Zink-Alumniumlegierung, der Gesteins-Westfalit hat noch einen Zusatz von Nitroverbindungen.

Die Ammonsalpetersprengstoffe finden eine ausgedehnte Anwendung bei Sprengungen im Bergwerk (in Erz-, Salz- und, falls wettersicher, Kohlengruben), in Steinbrüchen, bei Rodungen und beim Wegebau. Im Weltkrieg hat man sie auch als Geschoßfüllung benutzt. Sie können auch in plastischer Form hergestellt werden, wie z. B. der Gelatine-Astralit der Dynamit Nobel A.G. vorm. Nobel.

Das ehrwürdige Schwarzpulver, dessen militärische Rolle als Treibmittel ausgespielt ist, hat als Sprengmittel noch heute Bedeutung und auch eine gewisse Weiterentwicklung aufzuweisen. Wird der Kalisalpeter durch den billigeren Natronsalpeter ersetzt, so erhält man den häufig zu Sprengungen benutzten Sprengsalpeter; statt der Holzkohle wird hierbei allerdings die weniger leicht entzündliche, fein gepulverte Stein- oder Braunkohle verwendet. Petroklastit und Haloklastit, die 1896 der Westfälisch-Anhaltischen Sprengstoff-A.G. patentiert wurden, enthalten außer Natronsalpeter und Schwefel noch 5 % Kalisalpeter, 15 % Steinkohlenteerpech und 1 % Kaliumbichromat; sie sind vielbenutzte Sprengstoffe beim Abbau von Kohle, Salz und Erz (Minette). Ähnliche Präparate waren der braune Sprengsalpeter der Vereinigten Köln-Rottweiler Pulverfabriken und das „Löwenpulver" oder Castroper Sprengpulver der Westfälischen Sprengstoffwerke. Das von Fr. Raschig 1912 erfundene sogenannte Weißpulver (Raschit) besteht aus Natronsalpeter mit kresolsulfosaurem Natrium oder auch aus Natronsalpeter und dem Trockenrückstand von Sulfitablauge. Bei der Herstellung des ersteren Sprengpulvers wurde ein schon von Seidler 1893 vorgeschlagenes originelles Verfahren angewandt: die beiden Bestandteile wurden nicht in fester Pulverform gemischt, sondern ein Gemisch ihrer Lösungen wurde auf erhitzten, rotierenden Walzen eingetrocknet, so daß die Komponenten sich in besonders inniger Mischung ausscheiden.

Zu den schwarzpulverähnlichen Sprengstoffen gehören schließlich noch der in England als wettersicher geltende Bobbinit, der ein Schwarzpulver mit Zusätzen von Reis- oder Maisstärke und Paraffin, eventuell auch noch von Ammon- oder Kupfersulfat dastellt, und der von L. Cahüc in Neumarkt fabrizierte Cahücit, der ein Gemisch von Salpeter, Ruß, Schwefel, Zellulose und etwas Eisensulfat ist.

Nach dem schon (S. 40) geschilderten unglücklichen Debüt der Verwen-

dung von Kaliumchlorat als Sprengstoff wurde immer wieder versucht, gefahrlose Sprengmittel aus diesem sehr empfindlichen Stoff herzustellen. 1850 empfahl Augendre Chlorat als Zusatz zu Sprengstoffen, die durch Initialzündung mit Sprengkapseln gezündet werden. Auch Hermann Sprengel beschäftigte sich mit diesem Problem, indem er Kaliumchlorat mit verbrennlichen Flüssigkeiten, Kohlenwasserstoffen oder Nitrokohlenwasserstoffen, kombinierte. Ein von R. S. Divine 1871 gemachter Vorschlag, Kaliumchlorat mit Nitrobenzol und Pikrinsäure gemischt zu verwenden, führte zu dem amerikanischen Sprengstoff Rackarock, der z.B. bei großen Sprengungen im Hafen von Neuyork Anwendung fand, in Europa sich aber nicht einbürgern konnte. Von Sprengel wurde auch empfohlen, die gefährlichen Bestandteile der Chloratsprengstoffe erst kurz vor der Sprengung an Ort und Stelle zu mischen, eine Anregung, die später nochmals von Hellhoff (Hellhoffit) und Turpin (Panklastit) aufgenommen wurde. Andere Vorschläge waren, Kaliumchlorat mit Schwefel und Pech zu mischen (Himly-Pulver, 1880), oder dieses Salz mit Steinkohlenteer (Pyrodialyte von Turpin, 1881), mit Carnaubawachs (Brank, 1890) oder ähnlichen Stoffen zu kombinieren.

Einen großen Aufschwung nahm die Fabrikation von Chloratsprengstoffen kurz vor der Jahrhundertwende, als durch die Einführung der Alkalichloridelektrolyse die Chlorate (und Perchlorate) industriell leicht zugängliche Produkte wurden. 1895/96 wurde in Chedde in Hochsavoyen die Société chimique et d'explosifs Bergès Corbin & Cie. gegründet, deren Chemiker Ernest August George Street 1897 auf den guten Gedanken kam, die einzelnen Chlorat-Teilchen mit einer Schicht von Rizinusöl zu umhüllen, um so die Reibung zwischen den Teilchen zu vermindern. So entstand das Urbild der modernen Chloratsprengstoffe, der Cheddit, der in seiner bekanntesten Form noch einen Zusatz von Trinitrotoluol und Nitronaphthalin erhielt. Damit war ein allmein anwendbares Prinzip zur Gewinnung handhabungssicherer Chloratsprengstoffe gegeben, das bald darauf von anderen Erfindern in der verschiedensten Weise variiert wurde. Freiherr von Schleinitz fand 1902, daß ein Gemenge von Kaliumchlorat mit vorbehandeltem Harz und Kochsalz, wenn es mit Alkohol überbraust und dann getrocknet wird, in einen körnigen Zustand übergeht; derartige Sprengstoffe wurden von den Sprengstoff-Fabriken Krienwald bei Gleiwitz unter dem Namen „Silesia-Sprengstoffe" fabriziert.

Kaliumperchlorat, dessen Bildung neben Kaliumchlorat bei der Elektrolyse von Kaliumchlorid schon 1825 von Berzelius beobachtet worden war und dessen Herstellung aus Kaliumchlorat 1831 erstmalig Georges Simon Sérullas gelang, empfahl sich infolge seines noch höheren Sauerstoffgehaltes und seiner verhältnismäßg großen Beständigkeit von vornherein als Sprengstoff. Schon Alfred Nobel hatte diese Verbindung gelegentlich als Zusatz zu Dynamit benutzt, und in verschiedenen Patenten für Chloratsprengstoffe waren schon Perchlorate neben Chloraten angeführt worden. Da Chlorate mit Ammonsalpeter unter Bildung des leicht zersetzlichen Ammoniumchlorats reagieren, während Perchlorate dies nicht tun, ergab sich die Möglichkeit,

Perchlorat mit Ammonsalpeter zu kombinieren. Sprengstoffe dieser Art sind: die Permonite (C. E. Bichel und Sprengstoff A.G. Carbonit, 1905), die außerdem noch Natronsalpeter, Trinitrotoluol, Getreide- und Holzmehl sowie Leim-Glyzerin-Gelatine enthalten), die ähnlich zusammengesetzten Alkalite (Dynamit A.G. vorm. Nobel und Rheinische Dynamitfabrik) und die Persalite (Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-A.G.). Sprengstoffe mit Ammoniumperchlorat als Grundlage sind der von Alvisi 1895 angegebene Manlianit (Ammoniumperchlorat, Schwefel und Cannelkohle), die Jonckite der Soc. An. de la Poudrerie de Ben-Ahin (Ammoniumperchlorat mit Natron- und Ammonsalpeter, Trinitrotoluol und Kochsalz), die Amasite der Soc. An. de Vilvorde (neben Ammonperchlorat noch Myrobalanen und Agar-Agar) usw. Der von Escales 1899 für alle Sprengstoffe empfohlene Zusatz von Aluminumpulver wurde auch für Ammoniumperchlorat vorgeschlagen (Bowen 1904, Palmer 1908).

Im Weltkrieg haben Chlorat- und Perchloratsprengstoffe als Ersatz für Nitratsprengstoffe eine nicht unwichtige Rolle gespielt.

Einen Sprengstofftyp ganz besonderer Art bilden die sogenannten Flüssigluft-Sprengstoffe. Schon 1884 hatte Rudolph Mewes theoretisch auf die Möglichkeit hingewiesen, mit verflüssigter Luft zu sprengen; aber erst Carl Linde gelang es, 1895 die praktischen Voraussetzungen hierfür durch die Verflüssigung größerer Mengen Luft zu schaffen. Die ersten Versuche, flüssige Luft als Sauerstoffträger zum Sprengen zu verwenden, fanden zwei Jahre später bei der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen statt. Hierbei zeigte sich, daß man mit flüssiger Luft getränkte poröse Stoffe wie Ruß, Holzmehl u. dgl. durch Sprengkapseln zur Detonation bringen kann. Anfangs bürgerten sich die unter dem Namen Oxyliquit in den Handel gebrachten Sprengstoffe nur langsam ein; u. a. erwiesen sich die beim Bau des Simplontunnels 1899 benutzten Flüssigluft-Sprengstoffe als nicht befriedigend. Erst als im Weltkrieg die Zunahme des Schieß- und Sprengstoffbedarfs dazu zwang, sich intensiver mit den Flüssigluft-Sprengstoffen zu beschäftigen, gelang es, diese so zu vervollkommnen, daß sie in größerem Umfang im Bergbau — allerdings nicht in Kohlengruben — benutzt werden konnten. U.a. bewährten sich hierbei die Sprengluftzünder der Sprengluft-Gesellschaft, Berlin, die mit einem Brei aus Korkmehl und Nitrokohlenwasserstoffen gefüllt und durch Tauchen in flüssigen Sauerstoff sprengkräftig gemacht wurden. Die Aufbewahrung der flüssigen Luft oder des flüssigen Sauerstoffs erfolgt in doppelwandigen Weinhold-Dewar-Gefäßen.

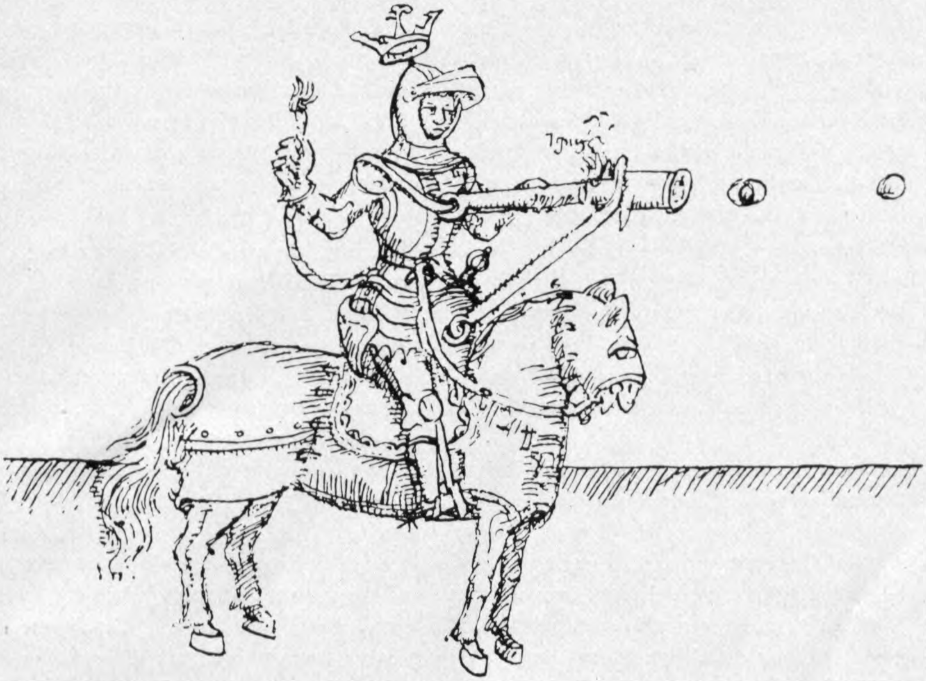


Abb. 42. Ein Reiter schießt seine „Pistole" ab. In der rechten Hand hält er die brennende Lunte. (Aus einer mittelalterlichen Handschrift von Jacopo Mariano, 1449)

# IX

# ZÜNDUNG UND ZÜNDMITTEL

Alle bisher geschilderten Fortschritte auf dem Gebiete der Explosivstoffe wären nicht möglich gewesen, wenn man nicht im Laufe der Zeit immer bessere Vorrichtungen und Verfahren entwickelt hätte, um die in den Explosivstoffen schlummernden Energien zuverlässig in Freiheit zu setzen. Die Pulverladung der Feuerwaffen wurde anfangs durch ein Stück glühende Kohle oder ein glühendes Eisen (Loseisen) gezündet. Die erste Nachricht über Lunten — mit Bleinitrat getränkte Hanfstricke — stammt aus dem Jahre 1378. Um die Mitte des 15. Jahrhunderts kam an Handfeuerwaffen das Luntenschloß auf, das eine weitere Verbesserung durch das Luntenschnappschloß mit gespanntem Hahn erfuhr. War hierdurch auch schon gegenüber den ersten Zündvorrichtungen eine größere Treffsicherheit gewährleistet, so war doch der Zwang, stets eine glimmende Lunte mit sich zu führen, um feuerbereit zu sein, noch ein großer Nachteil. Zu Anfang des 16. Jahrhunderts kamen zwei Neuerungen auf, die auf der Erzeugung von Funken mittels Feuerstein oder Schwefelkies durch Reibung oder Schlag beruhten: das an den sogenannten Mönchbüchsen angebrachte Reibfeuerzeug, als dessen Erfinder oder Ver-

besserer Peter Libs in Nürnberg genannt wird, und das Schlagfeuerzeug. Aus dem Reibfeuerzeug — einer am Rohr seitlich angebrachten, feilenartigen Zugstange, die an einem durch Federkraft angedrückten Feuerstein Funken erzeugte, entwickelte sich später das Radschloß; das Schlagfeuerzeug, bei dem ein in den Hahn eingeklemmtes Stück Schwefelkies auf die aufgerauhte Fläche der Pulverpfanne schlug, wurde zum Steinschloß weitergebildet, das später meist mit Feuerstein arbeitete.

Ein neuer Abschnitt in der Geschichte begann, als an die Stelle der komplizierten mechanischen Zündung die chemische Zündung trat. Die Voraussetzung hierfür schufen die schon erwähnten Entdeckungen Bertholлets (Kaliumchlorat, 1786) und Howards (Knallquecksilber, um 1800). Die Anwendung der Chlorate und des Knallquecksilbers zur Zündung beruht darauf, daß aus diesen Stoffen hergestellte Zündsätze so empfindlich sind, daß sie schon durch Schlag oder Stoß unter Entflammung detonieren und hierbei den für die Entzündung der Pulverladung nötigen Feuerstrahl erzeugen. Das erste Patent auf eine derartige Zündung erhielt 1807 der Schotte Alexander Forsyth; er schlug die Zündung von Gewehrpulver durch Zündpillen aus einem Gemisch von Kaliumchlorat, Kohle und Schwefel vor. Lepage konstruierte 1810 ein Schloß mit verdeckter Zündpfanne und durchbohrtem Zündstift, bei dem der niederschlagende Hahn einen Schlagstift in die Zündmasse trieb, die aus Kaliumchlorat und Schießpulver bestand. Eine weitere Verbesserung der Perkussionszündung gelang dem Erfinder des Zündnadelgewehrs Johann Nikolaus Dreyse, der 1820 — in vollkommenerer Form 1828 — ein Schloß konstruierte, bei dem eine mittels einer Spiralfeder vorgeschnellte Zündnadel die Pulverladung durchdringt und eine Zündpille ansticht, deren Satz Kaliumchlorat und Schwefelantimon enthält.

Die ersten Zündhütchen — Zündsätze in metallenen Hüllen — stellte angeblich der englische Büchsenmeister Joseph Egg 1815 her (auch der schon genannte Alexander Forsyth wird als Erfinder bezeichnet). Die sogenannte Einheitspatrone, die Pulver, Geschoß und Zündhütchen zusammen enthielt, wird dem Amerikaner Berdan zugeschrieben.

Die Zündsätze der Zündhütchen haben sich seit der Einführung der letzteren bis zur Jahrhundertwende nur wenig geändert. Die Hauptbestandteile blieben Knallquecksilber, Kaliumchlorat, Schwefelantimon, Glaspulver (zur Erhöhung der Reibung der Teilchen) und ein Bindemittel. Da Kaliumchlorat den Nachteil hat, daß die Gewehrläufe nachrosten, versuchte man es durch andere Stoffe zu ersetzen. Keinen Rost liefernde Zündhütchen stellte 1901 die Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-A.G. her (Füllung: Knallquecksilber, Bariumnitrat, Schwefelantimon, Pikrinsäure und Glaspulver). 1904 führte die Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-A.G. nicht nachrostende Zündsätze mit Kaliumchromat, -bichromat, Bleichromat, Bleisuperoxyd und Quecksilberchromat an Stelle von Kaliumchlorat ein.

Eine neue Klasse sprengkräftiger Initialzündstoffe wurde um 1890 von Theodor Curtius entdeckt: die Azide. Auf Anregung von Curtius machten

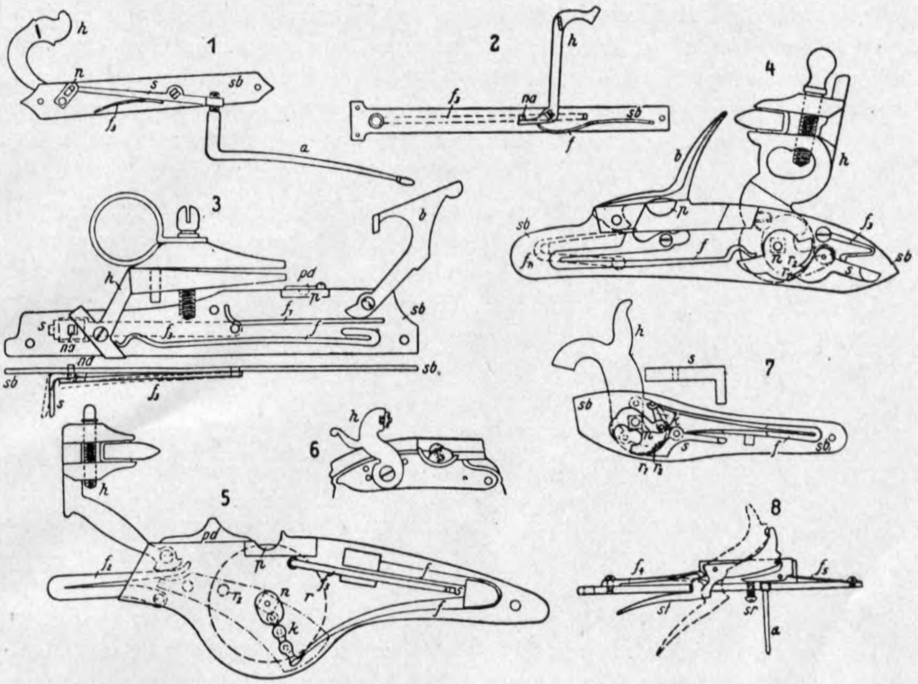



Abb. 43. Aus der Entwicklung der Gewehrschlösser. 1 Luntenschloß, 1460—1480; 2 Luntenschnappschloß; 3 Steinschnappschloß, 1500—1520; 4 Steinschloß, 1640—1660; 5 Radschloß, 1520—1540; 6 Perkussionszündung mit Zündpille, 1820; 7 Perkussionsschloß; 8 Stechschloß, um 1550. (Aus „Technik-Geschichte", Bd 27, 1938, VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin)

bald darauf Will und Lenze Versuche über die Verwendung der neuen Stoffe als Initialsprengstoffe; die Grundlagen der technischen Anwendbarkeit ergaben sich aus Arbeiten von L. Wöhler und Matter und F. Martin. Es zeigte sich, daß insbesondere das Bleiazid, dessen Fabrikation während des Weltkrieges von der Rheinisch-Westfälischen Sprengstoff-A.G. aufgenommen wurde, einen vorzüglichen Ersatz für das Knallquecksilber darstellt, der sich allen anderen in der Folgezeit vorgeschlagenen Ersatzstoffen weit überlegen zeigte.

Bei Geschützen wurde die primitive Art der Zündung mit der Lunte oder dem Zündstab länger beibehalten als bei den Handfeuerwaffen. Eine gewisse Verbesserung bedeuteten die sogenannte Stoppine, meist ein mit Schwarzpulver gefüllter Strohhalm, an dem ein Schwefelfaden befestigt war, und die Schlagröhren, die aus Papier, später auch aus Metall angefertigt wurden und, mit Pulver gefüllt, in das Zündloch eingesetzt wurden. Erst zu Anfang des 19. Jahrhunderts begann man, die bei den Handfeuerwaffen gemachten Erfahrungen auf Geschütze zu übertragen. Versuche, die Perkussionszündung mit der Schlagröhre zu kombinieren, führten schließlich zur Perkussions-Schlagröhren-Zündung, wobei als Zündsatz ein Gemisch von Kaliumchlorat, Schwefelantimon und Glaspulver benutzt wurde. Um 1850

wurde auch das Friktionsprinzip auf die Geschützzündung angewandt, indem man in den oberen Teil der Schlagröhre eine Reibvorrichtung einsetzte. Auf die weitere Entwicklung — Feldschlagröhre, Reibzündschraube und Schlagzündschraube — kann hier nicht näher eingegangen werden; auch bezüglich der Geschoßzündung, die einen komplizierten Mechanismus nötig macht, muß auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen werden.

Für Sprengungen benutzte man zunächst dieselbe Methode, die man bei größeren Waffen anwandte, d. h. unmittelbare Feuerzündung oder Zündung mit der Stoppine. 1831 erfand Bickford in Cornwall die langsam abbrennende Zündschnur aus Hanf, die eine eingelegte Pulverseele besaß und mit Teer oder Guttapercha überzogen war. Neue Probleme tauchten auf, als es nötig wurde, die Sprengkraft von Schießbaumwolle, Nitroglyzerin usw. sicher auszulösen. Hierzu genügte die Methode der Flammenzündung nicht mehr, da z. B. Nitroglyzerin angezündet nicht explodiert, sondern einfach abbrennt. Hier setzten die schon (S. 50) erwähnten Bemühungen Nobels ein, der 1863 von dem Gedanken ausging, Nitroglyzerin als Zusatz zu Schwarzpulver, Schießbaumwolle oder anderen Sprengstoffen zu verwenden, um letztere sprengkräftiger zu machen. Einige Jahre später erkannte er, daß es vorteilhafter wäre, nicht Gemische von Schwarzpulver und Nitroglyzerin zur Explosion zu bringen, sondern durch die Explosion von Schwarzpulver in Nitroglyzerin dieses zu zünden. Damit war die Initialzündung erfunden, die nun in der Weise angewandt wurde, daß man in das Nitroglyzerin einen kleinen, mit Schwarzpulver gefüllten Zünder einsetzte und das Schießpulver mittels einer Zündschnur zur Explosion brachte. Anfangs wurden Zünder aus Holz, dann solche aus Glas und schließlich solche aus Blech benutzt („Nobels Zünder"). Die nächste Vervollkommnung dieser Methode bestand im Ersatz des Schwarzpulvers durch Knallquecksilber und Schwarzpulver, dann durch Knallquecksilber allein (1867). Die Auslösung der Explosion von Sprengstoffen durch mit Knallpräparaten gefüllte Sprengkapseln erwies sich bald als ein Fortschritt von ungeheurer Bedeutung. 1868 wandten Abel und Brown die Initialzündung auch auf die Nitrozellulose an, dann folgte (1885) Turpins Entdeckung, daß Pikrinsäure durch Anwendung von Sprengkapseln zu einem heftig explodierenden Sprengstoff wird; auch das sehr schwer zur Detonation zu bringende Trinitrotoluol sowie ähnliche Nitrokohlenwasserstoffe, schließlich auch die sehr unempfindlichen Sicherheitssprengstoffe haben erst durch die Einführung der Initialzündung mittels Sprengkapseln ihre heutige Bedeutung erhalten, zumal nachdem es gelang, das teure Knallquecksilber durch andere Knallsätze, wie Trinitrotoluol, Tetranitromethylanilin („Tetryl"), teilweise zu ersetzen oder gar knallquecksilberfreie Zündsätze, wie Bleiazid, Nitropentaerythrit usw., zu verwenden.

Die Zündung der Initialsprengstoffe erfolgt entweder auf elektrischem Wege oder durch Zündschnüre. Die langsam abbrennende Blickfordsche Zündschnur erfuhr inzwischen auch eine weitere Vervollkommnung. Detonierende Zündschnüre tauchten schon 1879 in Frankreich auf; sie waren an-

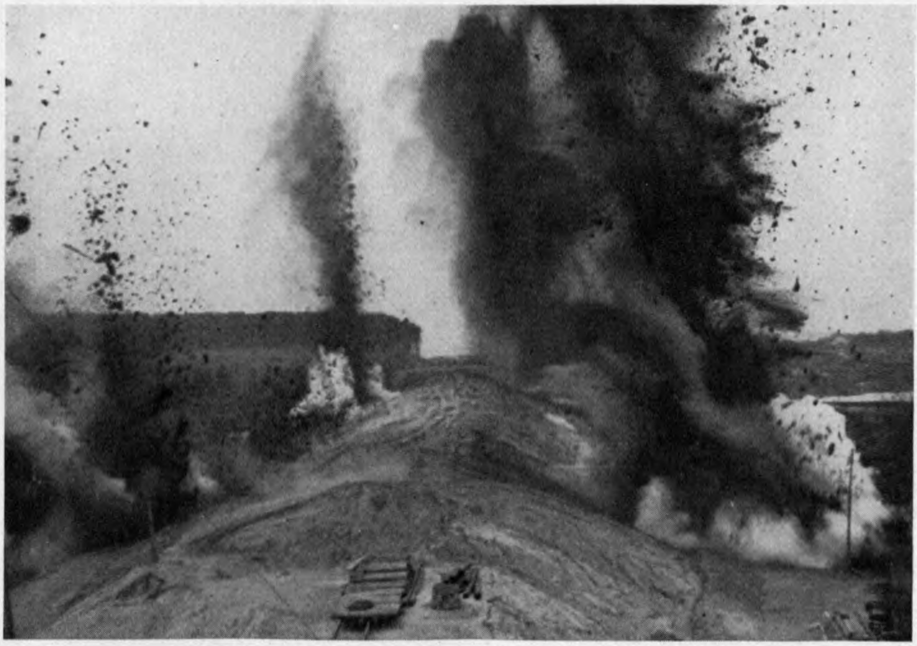


Abb. 44. Moorsprengung beim Bau einer Reichsautobahn. Ein über dem Moor aufgeführter Sandwall von 24 m Höhe und 400 m Länge wird durch die Sprengung des darunter liegenden Moorbodens in das Moor versenkt, so daß er eine feste Unterlage für den Straßenbau bildet. (Aufnahme: Scherl)

fangs mit Nitrozellulose gefüllt. Bei den österreichischen Pionieren wurde 1887 eine detonierende Knallquecksilber-Zündschnur eingeführt und später noch verbessert; dann folgten Detonationszündschnüre mit Pikrinsäure, Trinitrotoluol- und Tetranitromethylanilin, von denen z. B. die letztere mit einer Geschwindigkeit von 8 km/Sekunde detoniert. Neuere Bestrebungen galten der Einführung einer „Einheitszündschnur", die bei Flammen-Zündung mit einer niedrigen, bei Sprengkapselzündung mit hoher Geschwindigkeit abbrennt.

Werfen wir jetzt, am Schluß dieser kurzen Darstellung, die immer mehr chemische Kenntnisse zum vollen Verständnis erforderte, einen Rückblick auf die Geschichte der Explosivstoffe, so ersteht vor uns ein eindrucksvolles Bild menschlichen Ringens um die Bändigung der gewaltigen Energien, die sich aus kunstvoll aufgebauten chemischen Stoffen entfesseln lassen. Hinter den nüchternen Daten — Jahreszahlen, Erfindernamen und chemischen Bezeichnungen — steht der Mensch — der Chemiker, der Werkmeister und der Arbeiter. Vergessen wir nicht, daß sie alle, die diese tückischen Stoffe erfanden, erprobten und in den Fabriken herstellten, nur zu oft ihr Leben aufs Spiel setzen mußten; sie stehen in gleicher Reihe mit den Soldaten, die ihre Heimat verteidigen!

# BIBLIOGRAPHIE

Brunswig, H.: Explosivstoffe, Leipzig 1909.
Diels, Hermann: Antike Technik. 3. Auflage, Leipzig und Berlin 1924.
Dynamit Actien-Gesellschaft vorm. Alfred Nobel & Co., Hamburg, 1865—1925, in: Industrie-Bibliothek, Deutschlands Großbetriebe, 1925, Nr. 2.
Enzyklopädie der technischen Chemie, hrsg. v. Fritz Ullmann. Bd. 4, S. 709—793 (Explosivstoffe, von H. Brunswig), Berlin und Wien 1929.
Escales, Richard: Schwarzpulver und Sprengsalpeter. 2. Aufl., Leipzig 1914.
Escales, Richard: Nitrosprengstoffe, Leipzig 1915.
Escales, Richard: Nitroglyzerin und Dynamit, Leipzig 1908.
Escales, Richard: Ammonsalpetersprengstoffe, Leipzig 1909.
Escales, Richard: Chloratsprengstoffe, Leipzig 1910.
Escales, Richard, und Stettbacher, Alfred: Initialexplosivstoffe, Leipzig 1917.
Feldhaus, Franz M.: Die Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker, Leipzig und Berlin 1914.
Feldhaus, Franz M.: Die Technik der Antike und des Mittelalters, Wildpark-Potsdam 1931.
Forbes, R. J.: Bitumen and Petroleum in Antiquity, Leiden 1936.
Guttmann, Oscar: Die Industrie der Explosivstoffe, Braunschweig 1895.
Guttmann, Oscar: Monumenta Pulveris Pyrii, London 1906.
Jähns, Max: Handbuch einer Geschichte des Kriegswesens, Leipzig 1880.
Johannsen, Otto: Geschichte des Eisens, 2. Aufl., Düsseldorf 1925.
Köhler, G.: Entwicklung des Kriegswesens und der Kriegsführung in der Ritterzeit, Breslau 1886—89.
Lippmann, Edmund O. von: Zur Geschichte des Schießpulvers und der älteren Feuerwaffen. In: Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften (S. 125—189). Leipzig 1906.
Lippmann, Edmund O. von: Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, Berlin 1919.
Pomp, Anton, und Spies, Ferdinand: Untersuchung einer schmiedeeisernen Steinbüchse aus dem 15. Jahrhundert. In: Mitt. aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf, Abhandlung 391 (1940).
Rathgen, Bernhard: Das Geschütz im Mittelalter. Quellenkundliche Untersuchungen, Berlin 1928.
Romocki, S. J. von: Geschichte der Explosivstoffe: I. Geschichte der Sprengstoffchemie, der Sprengtechnik und des Torpedowesens bis zum Beginn der neuesten Zeit. — II. Die rauchschwachen Pulver. Berlin 1895/96.
Schmid, Otto: Aus der Geschichte der Fabrik Rottweil: Vom braunen prismatischen Pulver zum R.C.P. I.G. Farbenindustrie A.-G., Werk Rottweil 1939.
Schmid, Otto: Aus der Geschichte der Fabrik Rottweil: 50 Jahre Köln-Rottweil. I.G. Farbenindustrie A.-G., Werk Rottweil.
Technik-Geschichte, Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 27 (1938). Berlin 1938.
Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen. München (zahlreiche Aufsätze).

# ORTS-, PERSONEN- UND SACHREGISTER